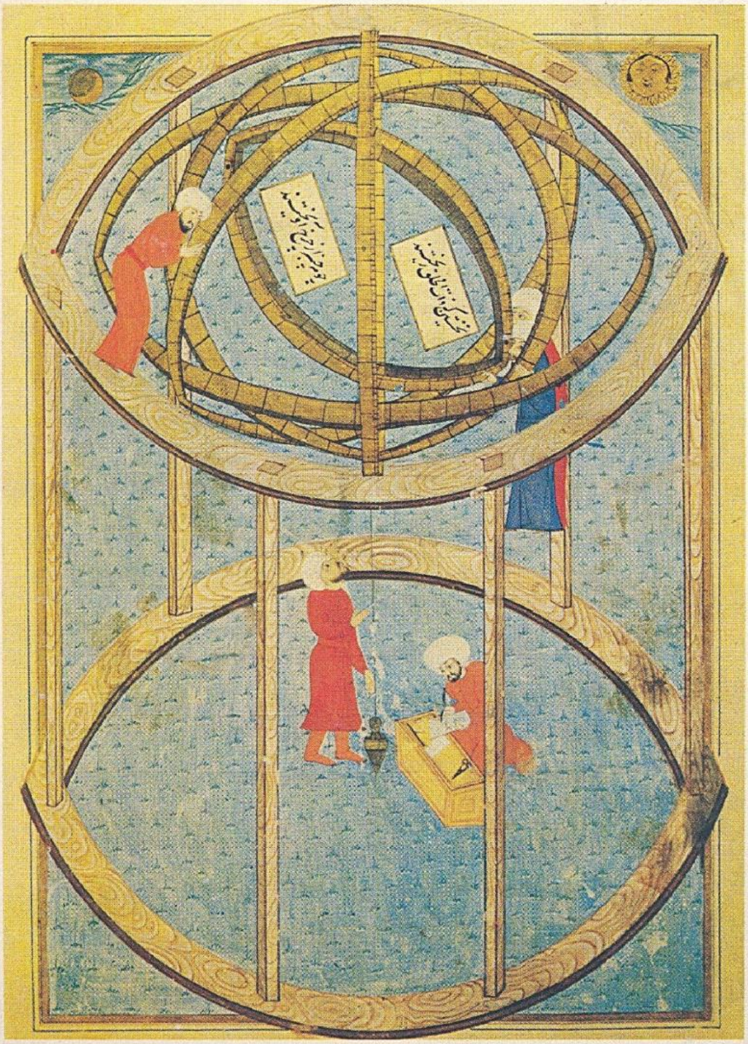
المجلس الأعلى للثقافة

قصة العلم

ج. ج. كراوثر

ترجمة وتقديم ودراسة: د. يمنى طريف الخولي - د. بدوي عبد الفتاح



المشروع القومي للترجمة

20

المشروع القومى للترجمة

قصة العلم

تأليف
ج . ج كرواثر

ترجمة وتقديم ودراسة

د. يمنى طريف الخولى   د. بدوى عبد الفتاح

المجلس الأعلى للثقافة

١٩٩٨

هذه ترجمة كاملة لكتاب*

J.G. Crowther, A Short History of Science

Methuen Educational Ltd, London, 1969

* قام د.بدوى عبد الفتاح بترجمة الفصول من الأول إلى الخامس، ومن الفصل السابع عشر إلى الخامس والعشرين، ووضع الشروح والتعليقات اللازمة عليها، وقامت د.يمنى طريف الخولى، بترجمة الفصول من السادس حتى الفصل السادس عشر، ووضع الشروح والتعليقات اللازمة عليها.

فهرس المحتويات

تصدير

[illegible] الكتاب

بقلم الأستاذ الدكتور

رمزى زكى بطرس

المؤلف والكتاب

مؤلف الكتاب الذى نقدم ترجمته للقراء، واحدٌ من رجال العلم البارزين فى انجلترا ومن المهتمين بشئونه. شغل عديداً من المناصب القيادية والتربوية، فقد كان لفترة طويلة هو المحرر العلمى لجريدة «المانشستر جارديان». وإلى وقت قريب كان مدير القسم العلمى بالمجلس البريطانى وترأس تحرير النشرة العلمية التى يصدرها المجلس بعدة لغات، من بينها اللغة العربية، فضلا عن ذلك، فهو محاضر مشهور أدار عديداً من الندوات الهامة عن علاقة العلم بالمجتمع. وهو صحفى سلس العبارة جذب اهتمام المثقفين بمقالات عن تاريخ العلم وفاعلياته الإنسانية. جمعت كتاباتهُ بين بساطة العرض والتمسك بمبادئ التفكير العلمى، ولم يسمح له حياده العلمى بالزج بالتفسير العلمى فى أطر أيديولوجية خفية أو معتقدات إيمانية، والمؤلف ليس غريبا على القارىء العربى فعله تعرف عليه من خلال كتابه «العلم وعلاقته بالمجتمع» الذى ترجمه الدكتور إبراهيم حلمى، ونشرته لجنة القاهرة للتأليف والنشر كما صدر لنفس الكتاب ترجمة أخرى بقلم حسن خطاب ومراجعة د.محمد مرسى أحمد، تحت عنوان «صلة العلم بالمجتمع».

والكتاب الذى بين أيدينا «موجز لتاريخ العلم» والذى نقدم ترجمة كاملة له تحت عنوان (قصة العلم) واحدٌ من مؤلفات عديدة كتبها ج.

كروثر تعرض فيها للعلم كنشاط إنساني، وكسجل موثق على تطور العقل الإنساني في استجابته لعوامل البيئة المحيطة به، وكسلاح أكيد في صراعه من أجل البقاء وكملكة وقوة خطيرة تؤكد إنسانية الإنسان وتميزه عن سائر مخلوقات الله الأرضية. فهو وإن لم يملك ناباً ولا ظفراً، فكفاه أن حباه الله عقلاً. كذلك تعرض كروثر في مؤلفاته للسير الشخصية للعبقريات العلمية الفريدة عبر كل العصور، بدءاً من فيثاغورث وإقليدس وأرسطو كممثلين للعلم الإغريقي، مروراً بروجر بيكون وفرنسيس بيكون وجاليليو ونيوتن وكبلر وجيلبرت، وميزة كتابنا هذا أنه جمع بين العنصرين معاً، أي تاريخ العلم وتاريخ الصفوة من العلماء الذين وهبوا حياتهم للبحث عن الحقيقة، وبذلك اكتمل عنصرا المعرفة، وهما الذات والموضوع أو الطبيعة والإنسان. أما من ناحية العلماء، فقد اهتم بإبراز طبيعة العمل الذي يمارسونه في معملهم، وصور المعاناة التي يكابدونها بعيدا عن زخارف الحياة وزينتها ودون سعي لمجد أو سلطان، كذلك معنى العبقرية، في العلم وسماتها عند شخصيات بعينها.

وأما من ناحية العلم، فقد اتخذ من تاريخه مادة خصبة للبرهنة على مقولته أو قضيته الأساسية، وهي أن العلم لم ينفصل يوما ما عن قاعدته الاجتماعية بمعناها الواسع سيان من حيث البنية المورفولوجية للمجتمع أو ما ينبثق عنها من تكوينات سياسية وعلاقات اقتصادية. فالعلم الإغريقي لا يمكن فهمه إلا على ضوء هذه المتغيرات، ومنجزات العلوم عند العرب تُستبان أكثر في ضوء متغيرات المجتمع الإسلامي وخصوصياته الحضارية والعلم الحديث منذ عصر النهضة هو نتاج لحركة الكشوف الجغرافية، وما أسفرت عنه من تطلعات استعمارية وحروب طاحنة.

ويتكون الكتاب من خمسة وعشرين فصلا، كرس المؤلف الفصول التسعة الأولى لعرض نشأة العلم والظروف التي أحاطت بالإنسان الأول

وكذلك تغطية العلم القديم بفرعيه الإغريقى والشرقى حتى عصر النهضة قرابة القرنين الخامس عشر والسادس عشر، غير أننا نلاحظ أن المؤلف يميز فى هذه المرحلة بين العلم الإغريقى الذى يرجو من العلم لذة المعرفة وحدها والوصول إلى الحقيقة لذاتها، وبين العلم الشرقى - مصر والصين والهند - الذى يتجه لحل مشكلات عملية أو تكريس معتقدات إيمانية، دفعت إليها ظروف الحياة فى دوال الأنهار.

ولكن تاريخ العلم يشير إلى أن هذا التمييز ليس مطلقاً، ولا يقوم على أساس ميتافيزيقى، فثمة بحوث المصريين القدماء (طبقة الكهنة) عن الأصول النظرية للتطبيقات الهندسية والرياضية وكذلك بحوثهم فى علم الكيمياء، فضلا عن الفروق الهامة بين نظرية العلم عند السومريين الذين عاشوا قبل خمسة آلاف عام قبل الميلاد فى بلاد ما بين النهرين، وبين نظرية العلم فى دلتا النيل أو دلتا النهر الأصغر فى الصين، وفى سياق هذه المرحلة، عرض المؤلف للدور الخلاق الذى قام به المسلمون والذى يتجاوز حدود النقل إلى التطوير والإضافة والإبداع، واكتسب العلم على أيديهم، وربما لأول مرة فى التاريخ، صفة العالمية، بعد أن ظل قبلهم بعشرات القرون ذا وشائج قومية، وأشار إلى البعض من علمائهم ومفكريهم ممن تركوا بصمة واضحة على العلوم الرياضية والطبيعية أمثال الخوارزمى والطوسى وابن سينا، أما الفصول من العاشر حتى التاسع عشر، فيتناول فيها المؤلف القفزة العلمية الكبرى فى العصر الحديث، والتى اصطلح على تسميتها بالثورة الفيزيائية الأولى، وهى الثورة التى تقترن بأسماء لامعة أمثال جاليليو وجيلبرت ونيوتن، وبقدر ما كان للثورة الصناعية فى أوربا منذ النصف الثانى من القرن الثامن عشر من تأثير على التقدم المطرد للعلم وهو ما اهتم المؤلف بإبرازه، فإنه لم يعط الاهتمام الكافى للانقلاب المنهجى الذى كان وراء الثورة العلمية منذ مطلع العصر الحديث، وليس المقصود هو المنهج الاستقرائى عند

بيكون، أو حتى عند جون استيوارت مل الذى جاء بعده بحوالى قرنين ونصف من الزمـان، بل المنهج الفـرضى الذى نتلمس لبناته الأولى فى البناء المنطقى لنظرية العلم عند نيوتن، وهكذا يصل المؤلف إلى الفصول الستة الأخيرة من الكتاب ليغطى بها العلم المعاصر، أو ما يعرف بالثورة الفيزيائية الثانية.

وتتمثل هذه الثورة فى ثلاث نظريات متعاقبة هى النظرية الذرية للمادة ثم نظرية الكوانتم ثم نظرية النسبيـة، وقد عرضـها المؤلف فى سياق قضـايا أكثر إثارة وقربا من الواقع الاجتمـاعى، مثل قضـايا الطاقـة والتطور، واتساع حركة التجارة العالمية وأثرها على اختراع الحاسبات الآليـة، ثم اختتم المؤلف كتابه بنظرة مستقبلية هي بعض من أحلام الإنسـان وأمانيه التي يرجوها من العلم، سيان ما يتعلق منها بغزو الفضاء أو كشف سر الحياة.

هكذا يحمل الكتاب عرضـاً بانوراميـاً ومضمـوناً ثرياً لتاريخ العلم وتقاناته على السواء، تاركاً القارئ على مشارف رؤية مستقبلية لازالت تحتفظ بنضارتها رغم تسارع التطورات العلمية المتلاحقة.

والآن مضى على صدور الكتاب حوالى ربع قرن، لنلقى مضمونه وقد ازداد حضوراً وفاعلية وفقاً للتغيرات الراهنة نحو مزيد من الاهتمام - شرقاً وغرباً - بتاريخ العلوم، كما نلاحظ بوضوح من توالى الدوريات وأنشطة مراكز الأبحاث وعقد المؤتمرات الدولية... حول تاريخ العلوم. وفى الولايات المتحدة الأمريكية تصدر عشرات المجلات المعنية بتاريخ العلم، ذلك أن فلسفة العلوم وردهات المعنيين بالثقافة العلمية وأصول التفكير العلمى أصبحت الآن أكثر اهتماماً بتاريخ العلوم.

لكن حين صدر هذا الكتاب على مشارف السبعينيات كانت فلسفة العلم لايزال يستغرقها السؤال عن المنهج بفعل الوضعية المنطقية التى

سادت هذا الميدان طوال أواسط القرن العشرين. وإذا عدنا إلى القرن التاسع عشر وجدنا العلم الكلاسيكي مزهواً بنفسه معتداً بذاته إلى أقصى الحدود، لم ينشغل رجالاته بتاريخ العلم، ولا عنى أهلوه وأهل عصره بالإجابة على السؤال: كيف بدأ العلم كيف اتجه وسار؟ كيف نما وتطور حتى وصل إلى تلك المرحلة؟ وكان حسبهم الافتتان برونق جلال تلك المرحلة وجبروت شموخها.. هذا رغم أن العلم ـ كما يبرهن الكتاب الذى بين أيدينا ـ أقدم عهداً من التاريخ، فكانت معطياته الأساسية أول ما تأمله الإنسان فى العصر الحجرى. فالتوجه العلمى متأصل فى صلب العقل الإنسانى، حتى يُعنى الأنثربولوجيون الآن بأصول العلم عند الشعوب البدائية، أو ما أسماه بنسلاو مالينوفسكى العقلية القبل علمية.

وإذا انتقلنا من العلم إلى فلسفته، وجدناها هى الأخرى وقد سيطر عليها هاجس الافتتان بالنسق العلمى فى حد ذاته، واعتبار تاريخه مسألة ثانوية. وتوطد هيلمان الوضعية المنطقية التى كانت فلسفة علمية تجريبية متطرفة. قصرت الوضعية فلسفة العلم بل والفلسفة بأسرها على محضر تحليلات منطقية للقضايا العلمية، مجردين الفلسفة من آفاقها الرحيبة وأبعادها المترامية، و شنوا حملتهم الشعواء على ربيبة الفلسفة المدللة: الميتافيزيقا. فقد نزعت الوضعية إلى تجريبية مطلقة لا ترتبط بسواها، ونسق علمى فوق هامات كل الأبنية الحضارية الأخرى بل وعلى أشلائها سيما أشلاء الميتافيزيقا وأمعنت فى تنزيه العلم من توجهات التفسيرات الاجتماعية والتاريخية فأنكرت الدور الذى يلعبه تاريخ العلم فى تمكيننا من فهم ظاهرة العلم فهماً أعمق وأشمل. وأكدت أن المعايير المنطقية وليس التاريخية هى التى تحدد فلسفة العلم. هكذا جعلت الوضعية المنطقية من فلسفة العلم فلسفة لا تاريخية، تولى ظهرها لتاريخ العلم اكتفاءً بالمعطى الراهن منه، ورأوا أن التجربة قادرة على

تفسير كل شئ حتى أنها بمثابة المعطى النهائى والبديهى. وحين ترتفع التجريبية إلى مستوى بديهيات المنطق، فإنها تكاد تلامس حدود المطلق الذى يعلو على الزمان والمكان ودع عنك التاريخ. كانت الوضعية المنطقية فلسفة علمية متعصبة متطرفة، مارست نوعاً من الإرهاب الفكرى فى أجواء فلسفة العلم، فمن لا يكتفى بتحليلاتهم المنطقية هو المتخلف الغارق فى سُدم الأوهام المعيارية، أو السادر فى الشطحات الميتافيزيقية.

ولئن كان كارل بوبر K.Popper (١٩٠٢-١٩٩٤) أهم فلاسفة العلم فى النصف الثانى من القرن العشرين، فإنه هو الذى حمل لواء العصيان والنقد الحاد للوضعية المنطقية، مؤكداً أن فلسفة العلم ليست محض تحليلات منطقية بل هى فلسفة الفعاليّة الحيّة والهم المعرفى للإنسان، والميتافيزيقا أفقها الرحيب الذى يلهم بالفروض الخصبية. العلم أكثر حيوية وإنسانية من أى منشط آخر، قضاياه قابلة دوماً للتكذيب والتعديل والتطوير، يلعب الخيال الخلاق والعبقرية المبدعة دوراً أساسياً فى رسم قصة العلم المثيرة، التى علمت الإنسان المعنى الحقيقى للتقدم. والتقدم العلمى لا تفسره إلا الثورة، بمعنى التغيير الجذرى لبدء دورة معرفية جديدة.

والتقط توماس كون T.Khun (١٩٢٢-١٩٩٦) أيقونة الثورة من كارل بوبر، فأقام تفسيره لتايخ العلم وفلسفته على أساس من مفهوم الثورة، التى هى انتقال من براديم Paradigm أو نموذج قياسى إشادى إلى آخر.. وذلك فى كتابه الشهير (بنيّة الثورات العلمية) ويحمل هذا الكتاب إعلاناً صريحاً للربط الوثيق بين فلسفة العلم وتاريخه.

ثم تكفل بتوطيد هذا الربط أخلص تلاميذ بوبر، الفيلسوف المجرى إمرى لاكاتوش I. Lakatos (١٩٢٢-١٩٧٤) فقد واصل طريق الربط الوثيق بين فلسفة العلم وتاريخه، وبواسطة تعديل قولٍ لإمانويل كانط، صاغ لاكاتوش المبدأ النافذ «فلسفة العلم بدون تاريخه جوفاء، وتاريخ العلم

بدون فلسفته أعمى». ويأتى بول فيير آبند P.Feyerabend (١٩٢٣-١٩٩٥) ليبرز أهمية النظريات القابعة فى تاريخ العلم وقدرتها على إخصاب الواقع العلمى الراهن. ويتكرس لتأكيد التعددية المنهجية، وتأكيد النسباوية بمعنى عدم قابلية النظريات العلمية المتتالية للمقارنة والخضوع لنفس المعايير والحكم عليها بنفس المقاييس كل نظرية لها مكانها فى تاريخ العلم، والحكم عليها بالنسبة لظروفها وتحدياتها.

هكذا نجد كارل بوبر وتوماس كون وإمرى لاكاتوش فريق عمل متكامل يعرف باسم الرباعى الابستمولوجى (المعرفى) شكل معالم فلسفة العلم فى المرحلة التالية على الوضعية المنطقية، أى فى العقود الثلاثة الأخيرة من السنين وقد أصبحت فلسفة العلم فلسفة إنسانية حية خفاقة وليست مجرد تحليلات منطقية لا تستغنى طبعاً عن رصانة المنطق، لكن تتجاوزه لتصبح فلسفة ابستمولوجية (معرفية) لا تنفصل البتة عن تاريخ العلم.

فتاريخ العلم - وليس تاريخ العروش والتيجان والحروب والمؤامرات هو التاريخ الحقيقى للإنسان وصلب قصة الحضارة فى تطورها الصاعد دوماً. بل إن فلسفة العلم الآن تسير إلى أبعد مما أنجزه هذا الرباعى العظيم فى التأكيد على أهمية تاريخ العلم. فقد تعاظم شأن العلم وتشابكت علاقاته وأصبح أكثر شمولية للموقف الإنسانى أكثر من أى منشط آخر.. ولا يتكشف كل هذا إلا فى ضوء تطوره التاريخى عبر تفاعله مع البنيات الحضارية والاجتماعية. وذاك ما يتكفل هذا الكتاب بعرضه.

إذن هذا الكتاب الآن - وأكثر مما كان وقت صدوره - يقدم مادة ضرورية للمعنيين بفلسفة العلم وطبائع الروح العلمية وأصول الثقافة العلمية.. ومع كل هذا فإن العرض ليس البتة عرضاً تخصصياً أو من أجل أولئك المتخصصين فى فلسفة أو علم «العلم»، بل إن الكتاب فى مجمله موجه - فضلاً عن أولئك بالطبع إلى فئات من العقول، لكل منها

رسـالتـهـا الخـاصـة، وتصـورها المخـتلف للعلم، الفـئـة الأولى هى المتخصصـون فى البحث العلمـي، سيان كعلماء أو طلبة، والذين حال تخصصـهم وغوصـهم فى عـالم الأجـهـزة والرمـوز دون القـدرة على استبصـار علاقة العلم بالحياة بمعناها الشامل، أما الفئة الثانية فهى التى اتخذت من الجمال فى جميع صوره وتنويعاته موضوعا لتأملاتهم، وكان يقصد بهم المهتمين بالفن، دراسة وإبداعاً، وإلى هؤلاء اتجه الكتاب للقول بأن العلم انبثق من محاولات الإنسان الارتقاء بنفسه مادياً ، وأما الفن، حتى عند الإنسان البدائى فقد كان دائما وسيلة للتعبير عن مشاعره وأحاسيسه وموقفه من الكون بشكل عام ولكن العلم هو أيضاً موقف إنسانى من الكون، أما الفئة الثالثة، والتى تمثل القاعدة العريضة من المثقفين غير المتخصصين، فقد قصد الكتاب تنمية وعيها بتطور المعرفة الإنسانية، وتحقيق فهم أعمق لأصول العلم ومضامينه.

وبعد، فلعلنا بنقلنا «موجز لتاريخ العلم» إلى العربية تحت عنوان «قصة العلم» نكون قد أسهمنا إسهاما متواضعا فى نشر الثقافة العلمية والترويج لها عند القارئ العادى الذى هو مقصدنا فى المقام الأول، والله الموفق.

المترجمان

كيف انبثق العلم

فى بقاع شتى من أرضنا هذه التى نعيش عليها، كانت هناك دائما حفريات تشير إلى كائنات عاشت قبلنا بمليون سنة على الأقل، وهى أسلاف الإنسان العاقل اليوم. هذه الكائنات دون البشرية، إن جاز التعبير - اتخذت من الحجارة مادة تصنع منها أدواتها. ومنذ حوالى نصف مليون سنة، عاد أحفاد هؤلاء، والذين عاشوا فى جاوا والصين والجزائر وأماكن أخرى متفرقة، فاستخدموا حجر الصوان لقدح الشرر وتوليد النار. فكانت أول نار عرفها الإنسان، ثم تمر ثلاثمائة ألف عام من الحياة الأرضية، أى منذ حوالى مائتى ألف عام، فوجد نوع أكثر تطوراً من الكائنات شبه البشرية، تدلنا جماجمها التى عثرنا عليها على أن أدمغتها كانت أكبر حجما وأعقد تركيباً. هكذا لم تعد الحجارة تصلح كأدوات لها بل تنوعت مصادر الاستخدام، وبدأت تتحدد ملامح الإنسان ككائن عاقل متمدين عندما عرف الأجداد كيف يدفنون موتاهم، وبطرق مختلفة، وتنوع أساليب الدفن يؤكد أن وراءها أفكارا معينة وتحمل مغزى عند أصحابها. هكذا بدأت طقوس الدفن تتخذ شكلا واضحاً منذ حوالى خمسين ألف سنة، ونستطيع أن نتبين ذلك بوضوح من الترتيبات الخاصة المرتبطة بالدفن، والتى تعبر عنها الرسوم والنقوش التى وجدت على جدران المدافن.

وحتى حوالى عشرة آلاف سنة مضت، كان أهم ما يشغل الناس هو الصيد والحرب، ومايتصل بهما من أدوات وأسلحة من نوع خاص، وشيئا فشيئا، ومن خلال إدراك أهمية التجمع والتعاون فى الصيد وجمع الثمار، تكونت أشكال من الحياة الإنسانية المستقرة، كان هدفها إيجاد نوع من الاكتفاء الذاتى، وتأمين نظام ثابت لإنتاج الطعام يقوم على استئناس الحيوان وزراعة المحاصيل، هذه الحياة المستقرة كانت حافزا هاما على الخلق والابتكار من أجل مواجهة المشكلات المتلاحقة، فعرف الإنسان كيف يصنع الأوانى الفخارية والخزفية من الطين والصلصال، وابتكر عجلة الفخار[1]، وعرف كيف يستخلص أنواعا معينة من المعادن من خاماتها ويحولها إلى أدوات مفيدة، وكما تدلنا أول سجلات تاريخية عن هذه الأنشطة الابتكارية، أنها بدأت منذ حوالى خمسة آلاف عام، وأنها ارتبطت فى الغالب بنمو الحياة الحضرية فى المدينة، وهو شكل الحياة الذى تطور عن الاستقرار البدائى المبكر، وهكذا كانت ومازال المدنية هى أقوى حافز على الخلق والإبداع فى الرياضيات والكتابة، وتلك بدورها ساهمت فى دفع الخصوبة فى الابتكار إلى أقصى مداها.

وقد شهدت هذه المرحلة التاريخية التى امتدت إلى عصرنا الراهن زيادة سريعة ومستمرة فى الاختراعات والمكتشفات، حيث توصل الإنسان فى الثلاثين سنة الأخيرة إلى المضادات الحيوية والحاسبات الإلكترونية والطاقة النووية، والسفر عبر الفضاء، هذه المكتشفات بالغة التطور التى تثير الدهشة والإعجاب، والتى قد تبدو للوهلة الأولى، وكأنها تنتمى لجنس آخر أو نظام مختلف من الوجود لا صلة له بإنسان ما قبل التاريخ، هى على العكس من ذلك تمتد بجذورها للجهد الإنسانى البدائى فيما قبل التاريخ المكتوب، ومحاولات أسلافنا الساذجة فى استخدام

(١) عجلة خاصة يحركها الخزاف بقدمه، بحيث يستطيع عن طريقها التحكم بيديه فى صياغة الطين إلى أشكال مختلفة. (المترجم)

الحجارة لصنع أدواتهم، هى التى قادت عبر مئات الآلاف من السنين، ومثلها من محاولات لتصحيح الأخطاء، إلى ما يتصف به علمنا التجريبى اليوم من كمال، فالجهد الذى بذله أسلافنا الأوائل للتنسيق بين أفعالهم البصرية وحركات أيديهم، والذى هو نوع من النشاط العلمى التجريبى وإن كان فى صورة بدائية، كان أحد أسباب نمو المخ، والذى به تحول الأسلاف تدريجيا من الحيوانية إلى الإنسانية، فالعلم - بمعنى ما - أقدم من الإنسان. ومحاولة بعض الحيوانات الراقية، إن جاز ذلك علميا - أن تكون علمية، ربما كانت سببا فى ارتقائها لمستوى البشرية، فقد عرف الإنسان الأول كثيرا من الحقائق الأساسية التى ما يزال يأخذ بها العلم الحديث فقد عرف منذ مئات الآلاف من السنين كيف يميز وينتقى حجر الصوان الذى يعطيه أفضل شرارة من النار، فاكتسب بذلك المبادئ الأولى لعلم التعدين. وقرب نهاية العصر الحجرى، حفر الإنسان الأول المناجم عمق خمسين قدما للحصول على حجر الصوان لصناعة الأدوات الصلبة، فضلا عن ذلك، عرف الكثير عن النبات والحيوان لضرورتها من أجل الغذاء، وأصبحت هذه المعرفة فيما بعد هى أساس علوم النبات والحيوان الحديثة.

أما فيما يتعلق بالنباتات، فهناك أكثر من ألفى نوع منها صالحة للطعام. وكان يتعين على رجل ما قبل التاريخ، والأهم منه المرأة بطبيعة الحال، معرفة أى أنواع النباتات هو الذى يجب جمعه وتخزينه كالفواكه والحبوب وأنواع الجوز، ولولا أنه تجمعت لديه حصيلة معقولة من المعرفة بالنباتات ما كان فى وسعه أن يعرف الزراعة منذ أكثر من عشرة آلاف عام، وأن يستنبت بعضاً من المحاصيل مثل القمح والأرز، بل وأن يزرع بالفعل مايزيد عن مائتى نوع من النباتات. أما معرفته بالحيوانات، فيدل عليها ما عثر عليه من بقايا الطعام بجوار أماكن معيشته، وكذلك ما تركه من رسوم وصور متنوعة على جدران الكهوف، وتتضمن هذه

الرسوم التى تعود إلى عشرين ألف سنة مضت، صوراً لحيوان الماموث وغزال الرنة والخيول والقطط والدببة والخنزير البرى وثور البيوت، وكذلك وحيد القرن - هذه الصور تدل على ملاحظات صحيحة، علاوة على مواهب فنية عميقة.

أما معرفة إنسان ما قبل التاريخ الطبية، فتوضحها معرفته بموضع القلب، كما سجله بالفعل على تصويره للماموث، بل وحدد حجمه الصحيح، وهناك احتمال كبير بأنه قام ببعض العمليات الجراحية الصعبة فى الجمجمة، فقد عثر على جماجم استقطعت منها أجزاء دائرية منتظمة من العظام فى حجم القرش بمشارط من الصوان. والمدهش أن يكون احتمال شفاء المريض ممكنا بعد العملية ويمارس حياته بطريقة طبيعية. ذلك لأن بعض الجماجم التى عثر عليها كانت تنطوى على عديد من الثقوب على التوالى. كذلك استطاع نفس هذا الإنسان البدائى أن يحقق بعض التقدم فى علم الحساب، منذ ما يزيد عن عشرة آلاف عام. فاستخدم الحجارة والعظام، ووضع عليها صنوفا من العلامات التى تشبه الخدوش الحادة يحسب بها عدد الحيوانات فى القطيع، وبعض التفصيلات الأخرى عنها، ولا شك أن الإنسان الأول، ربما أكثر من غيره من الذين عاشوا فى العصور التالية، عاش فى طبيعة مفتوحة، واتجه لملاحظة الطبيعة عن قصد ورغبة. ولما كانت الشمس والنجوم هى أول مايصافح عينيه عندما يرفع رأسه إلى أعلى وينظر إلى السماء، فقد كانت من رفقاء تأملاته. واستطاع على فترات طويلة ومتباعدة أن يكشف عن نوع من الارتباط بينها وبين الفصول الأربعة ودفعه اهتمامه بالزراعة للدراسة المتأنية للنجوم. وعلى هذا النحو توصل إلى ما يمكن أن يكون بداية لتقويم سنوى يساعده على تحديد أنسب الأوقات لبذر الحبوب وجني المحاصيل.

ومن المؤكد أن العلم أقدم عهداً من التاريخ، فقد توصل أسلافنا

الأوائل إلى المعطيات الأساسية للعلم منذ عشرات ومئات الآلاف من السنين قبل اختراع الكتابة. والشواهد تدل على أن الرموز الدالة على الأعداد ابتكرت قبل رموز الكتابة. ، وأول ما ينبغى معرفته عن العلم أنه كامن فى أقدم إنجازات الإنسان، بل فى الإنسان ذاته، وهذا يعنى أن الإنسان العاقل اليوم يدين فيما انتهى إليه إلى أسلافه السابقين قبل أن يضعوا أقدامهم على أعتاب البشرية. إذ لولا دأبهم ومثابرتهم على تحصيل العلم مهما بدا ساذجا وبدائيا، وقدرتهم على إعالة أنفسهم والسيطرة على مقدرات بيئتهم، ما كنا نحن اليوم.

ومن خلال صراع الإنسان مع الطبيعة وصراعه مع نفسه من أجل التكيف، تضمنت فاعلياته جوانب معينة، تطورت تدريجيا وتميزت فيما نعرفه اليوم عن الفنون العملية أو التكنولوجيا، وكذلك العلم النظرى والعلم التطبيقى، وفى البداية، كانت هذه الجوانب مظاهر متنوعة لنشاط واحد، حاول عن طريقه الإنسان السيطرة على الأشياء المحيطة به حتى يضمن لنفسه الحياة والسعادة. وعندما أخذ علم الإنسان بهذه الجوانب يزيد شيئا فشيئا، أصبح من المناسب، بل ومن الضرورى أيضا النظر إلى كل منها كموضوع مستقل قائم بذاته، ينبغى تمييزه عن الموضوعات الأخرى. وهذا يعنى أن كل العلوم قد نبتت من نفس الجذر، فإذا نسى الإنسان الأصل الواحد والمشترك للعلوم، أو اختلطت الأمور عليه، خلق مشكلات وواجه صعوبات ما كان أغناه عنها.

* * *

المادة الخام للعلم

منذ عشرة آلاف عام، كان المناخ فى مناطق شاسعة من الأرض مختلفا عما هو عليه اليوم، فالمناطق الشمالية كانت أكثر برودة. ولم تستطيع انجلترا أن تتحرر من الأنهار الجليدية إلا مؤخراً. وكانت مساحات واسعة من شمال إفريقيا أكثر برودة ورطوبة على نحو جعل منها بيئة صالحة للاستقرار الزراعى فيما قبل التاريخ. ولكن مع تغير المناخ العام للأرض واتجاهه نحو الدفء أصبحت هذه المناطق جافة وتحولت فى النهاية إلى صحراء. وأصبح من المتعين على الشعوب التى سكنت هذه المناطق أن تتجه إلى وادى النيل، باعتباره الجزء الوحيد الذى يمكن أن يمدهم بالطعام. ثم تكررت نفس هذه التحركات السكانية وبصورة مماثلة فى بلاد ما بين النهرين والهند والصين.

وكان من نتيجة ذلك، ومنذ حوالى سبعة آلاف عام، أن الناس الذين اكتسبوا مهارات جيدة ومتنوعة فى صناعة الأدوات وفى زراعة المحاصيل وتربية الحيوانات، وجدوا أنفسهم محاصرين فى عديد من أودية أعظم الأنهار فى العالم، نعم فالأرض الطينية بجوار الأنهار كانت شديدة الخصوبة. ولكن فيما عدا الشريط الضيق الملاصق للنهر، كانت الصحراء القاحلة التى يستحيل عبورها تحيط بهم من كل جانب. ومع ذلك فهى لم تكن نقمة، بل نعمة عليهم. بمعنى أنها كانت مانعا طبيعيا

يستحيل اجتيازه، وحصناً قويا ضد الغزو الخارجي وفي هذه العزلة الآمنة نسبياً، استطاعت هذه الشعوب أن تبنى حضاراتها بدون تدخل قوى خارجية معطلة، وتمكنت من تطوير نظمها الزراعية وبخاصة من خلال التسهيلات التى تتيحها ظروف الوادى. وإذا كان الباحثون غير متفقين حول «أول وادى» حدثت به هذه التطورات فإننا سنتخذ من وادى النيل مثالاً نستشهد به في عرضنا.

والواقع أن الوادى هو هبة النيل. فقد كان الفيضان السنوى الثابت يخلف وراءه ثروة من الغرين والرواسب الطينية الخصبة الصالحة لنمو المحاصيل الوفيرة، وأحسن المصريون الاستفادة من النهر، فحفروا الترع وشقوا القنوات وأقاموا السدود لتحويل مياه الفيضان المحملة بالغرين إلى أراضٍ جديدة لزيادة الأرض الزراعية المنتجة للحبوب. ومالبثت القنوات والسدود أن تضخمت وأصبحت أكثر تعقيدا، واحتاجت من أجل بنائها لأيدٍ ماهرة وتقنية أكثر تطوراً، ومن خلال خبراتهم الطويلة التى اكتسبوها من الإنشاءات المائية توصل المصريون القدماء للمبادئ الأساسية للهندسة، الأمر الذى مكنهم من تصميم وبناء أهراماتهم العظيمة، التى كانت ولاتزال دليلا حياً على نبوغهم وعبقريتهم.

وقد كانت الكثافة السكانية العالية فى وادى النيل من ناحية، بالإضافة إلى ثبات الظروف المعيشية من ناحية أخرى، من العوامل المشجعة على التفرد. وآن أخيراً لهؤلاء الذين عاشوا آلاف السنين مشتتين مبعثيرن فى تجمعات قبلية هنا وهناك أن يلتقوا فى اتصال مستمر ببعضهم البعض، وتحت سلطة واحدة. وبدأ التاريخ الحقيقى النشط لمصر بالملك مينا الذى وحد القطرين، أى الوجه القبلى والوجه البحرى فى دولة واحدة منذ حوالى خمسة آلاف عام[١]. وخلال الآلاف الثلاثة التالية من السنين، وحوالى عام ٢٠٠٠ق.م بنيت الأهرامات

(١) تولي الملك مينا حكم مصر فيما بين عامي ٣٥٠٠ـ٤٠٠٠ق.م (المترجم)

الشامخة، وأرسيت قواعد العلم والفنون العملية المصرية. وكانت نقطة البداية الطبيعية هى عمليات قياس ومسح الأراضى الزراعية، وما يتصل بها من اختراعات حتى يمكن التخطيط للنظام الزراعى القائم على التحكم فى مياه الفيضان، فقد كانت مياه الفيضان تمحو كل عام العلامات التى تميز حدود الأراضى الزراعية وتفصل بعضها عن بعض. ولم يكن الفلاحون فى أعقاب الفيضان يعرفون أين تنتهى حقولهم وأين تبدأ حقول جيرانهم. من أجل ذلك كان مسح الأراضى الزراعية عملية مطلوبة بإلحاح شديد لتحديد بدايات ونهايات الحقول منعاً للنزاع بين الفلاحين بعد انحسار المياه. ومن مسح الأراضى انتقل المصريون بشكل تلقائى إلى علم الهندسة. ثم استخدمت هذه الهندسة ذات الأصول الزراعية فى بناء السدود للتحكم فى مياه الفيضان(١). وأسهمت فيما بعد فى بناء الأهرامات.

وقد اجتهد المصريون القدماء فى علم الحساب من أجل تقدير محاصيلهم وتوزيعها على الناس. فالدولة كلها بجميع ما فيها كانت فى

(١) من الحقائق التاريخية التى ألقت مزيداً من الضوء على عبقرية المصريين القدماء فى العلوم الرياضية والهندسية، كيفية تعاملهم مع الأراضى الزراعية فى أعقاب الفيضان. فبعد انحسار المياه، كانت الأراضى الزراعية تفقد كل معالمها التى توضح الحدود بين القطاعات المختلفة.

ولذلك كان من الضرورى إعادة مسح الأراضى فى كل عام. وحتى يكون المسح دقيقاً ويؤدى الغرض منه لابد من وسيلة ما لتحديد الزاوية القائمة. وهو أمر يفترض ذكاءً خاصا لأن الطبيعة ضنت على الإنسان بالأشكال الهندسية الخالصة، أعنى الدائرة ذات الثلاثمائة وستين درجة أو المثلث ذا المائة والثمانين درجة وهكذا. ومن هنا لجأ المصريون إلى طريقة عملية سهلة كما يقول جورج سارتون فى كتابه (تاريخ العلم حـ١، ص١٠٥، ٤٣٠) وهى عقد حبل عديداً من العقد على مسافات متساوية بحيث يقوم بنفس وظيفة أى مقياس مقسم إلى درجات كمقياس المتر أو الياردة. ثم عمدوا إلى تثنيته على هيئة مثلث، أطوال أضلاعه ٣، ٤، ٥، على التوالى أو مضاعفاتها. وهى أول محاولة من نوعها فى التاريخ لتحديد الزاوية القائمة بطريقة سبق بها المصريون أقرانهم من الصينيين بقرون عديدة. ومن خلال إقامته بمصر أكثر من اثنى عشر عاما، هربا من الفرس، هو وطائفة كبيرة من الساموسيين، رأى فيثاغورث (٥٧٢ـ٦٩٧ق.م) هذه العملية تتكرر أمامه عاماً بعد عام. وتحركت عقليته التجريدية حتى اكتشف العلاقة بين هذه النسب الثلاث. وهكذا خرجت إلى النور نظريته الهندسية التى عرفت باسمه، وهى نظرية فيثاغورث. (المترجم)

ذلك الوقت ملكاً للملك، الملكية الخاصة لم يكن مسموحا بها، وكان الملك ومستشاروه من الكهنة هم الذين يقدرون نصيب كل فرد فى المحصول. فالمجتمع المصرى القديم، شأن غالبية المجتمعات آنذاك، كان مجتمعاً طبقياً ذا بنية متدرجة، أى يتكون من عديد من الطبقات المتفاوتة الشأن والأهمية. ولأفراد كل طبقة حصة مقررة من الحبوب. ومن هنا تبرز أهمية الحساب الذى طوره المصريون القدماءوملاءمته لأداء هذه المهمة. فعمليات الضرب والقسمة كانت تتم عن طريق التضاعف المتكرر، أى بردها إلى الجمع والطرح. ولم يكن الضرب يتم فى أكثر من اثنين فى المرة الواحدة. وسجل المصريون نتائج عملياتهم الحسابية بمساعدة نظام عشرى من الرموز. واستخدموا طريقة مبسطة للغاية فى الحساب بحيث لا تعتمد كثيرا على الذاكرة تماما كالحاسب الآلى الحديث الذى يعمل على معدل اثنين فقط. وهى عملية مملة تدفع على الضجر. ومع ذلك استخدم المصريون طريقة مبتكرة فى قياس مثلث من الأرض، ساعدتهم كثيرا فى الكشف عن منهج جديد لحساب مساحة الدائرة، وقد حققوا ذلك برسم الدائرة داخل مربع بحيث يكون محيطها مماسا لأضلاعه الأربعة، ثم يحسبون الفرق بينهما الذى يتمثل فى أربعة مثلثات عند الأركان الأربعة، يمكن حساب مساحتها بسهولة، وبطرحها من مساحة المربع، توصلوا إلى مساحة الدائرة بطريقة تقريبية. ومن مساحة الدائرة، توصلوا للنسبة التقريبية ط (حاصل قسمة محيط الدائرة على نصف قطرها). وحددوا قيمتها بأنها ٣,١٦٠٥.

وبجانب الرياضيات والهندسة التطبيقية، برع المصريون فى علوم أخرى، فى مقدمتها علم الفلك فقد كان لديهم أدق تقويم عرفه العالم القديم. وكانت السنة عندهم ٣٦٥ يوماً كما هى عندنا اليوم تقريبا. وساعدتهم معارفهم الفلكية على بناء الهرم الأكبر فى مواجهة الشمال بدرجة دقة لا يتجاوز الخطأ فيها جزءاً من عشرين جزءا من الدرجة، أدى

نجاحهم الكبير فى تحقيق مستويات عالية من الدقة فى القياس والتشييد إلى تمهيد الطريق أمامهم نحو منطق البرهان، فى الرياضيات والعلم الطبيعى على السواء. وهو المجال الذى تفوق فيه الإغريق فيما بعد.

وقد كان لقدماء المصريين تميزهم الخاص فى علم الجراحة. فاستخدموا الضمادات والأربطة الضاغطة الخاصة بالتجبير واستطاعوا تجبير كسور الأطراف باستخدام دعامات خشبية تشد إلى الجزء المكسور بأربطة ضاغطة. واستخدموا وسائل خاصة للتعامل مع الجروح لتحقيق أفضل علاج لها. وكان تشخيصهم وعلاجهم يتوقف فى كثير من الأحيان على الحفاظ على هذه التقنيات. ومارسوا علاج الأسنان بشكل موسع. والأمثلة على ذلك كثيرة. فقد صنعوا الأسنان الصناعية ذات الكبارى لتعبر فوق السن المخلوع. وعالجوا الخراج الكامن تحت الضرس، بعمل ثقب فى عظمة الفك. واشتملت أدويتهم على زيت الخروع ومواد أخرى متنوعة تتضمن عناصر علاجية. وعالجوا أمراض العيون بافرازات المرارة التى يستخلص منها الكورتيزون. واستخدموا دم الخفاش وكبده الغنى بفيتامين أ. ومن المحتمل أن تكون كل أو ربما بعض هذه العمليات العلاجية متوارثة عن سحرة ما قبل التاريخ. هؤلاء الذين دلتهم خبرتهم على أنه لبعض المواد المتخمرة قيمة علاجية. وقد ترك المصريون القدماء أوصافاً دقيقة لأمثلة فعلية من الرياضيات والطب منقوشة على الحجارة أو مكتوبة على ورق البردى. وهو نوع من الورق برع المصريون فى صناعته من نبات البوص الذى كان ينمو بكثرة على شواطئ النهر.

أما سكان بابل وآشور الذين عاشوا فى بلاد ما بين النهرين، أى الوادى الكائن بين دجلة والفرات، فقد اخترعوا شكلاً مختلفا من التسجيلات الكتابية منذ أكثر من خمسة آلاف عام. فنظرا للنقص

الشديد فى الحجارة فى ذلك الوادى، استخدموا الصلصال فى أغراض كثيرة، من بينها الكتابة. وكانت كتابتهم على هيئة خدوش حادة على ألواح الصلصال اللينة، وذلك باستخدام أقلام مدببة من البوص. ثم تحرق الألواح بعد ذلك فى النار لتكسب صلابة. وقد أمكن العثور على مئات الآلاف من هذه الألواح التى حملت لنا تسجيلات بالخط المسمارى.

وكما كان الحال مع المصريين القدماء، كانت مشكلات الحياة اليومية والمحاولات المستمرة لحلها هى الدافع لطلب العلم عند البابليين. ولكنهم تفوقوا على المصريين فى الحساب، وابتكروا طرقاً فنية أكثر دقة. واعتمد نظامهم الحسابى على العشرة أولاً، ثم على الستة بعد ذلك، ويعتبر تقسيمهم للدوائر إلى ستة أجزاء، ثم تقسيم كل جزء إلى ستين درجة، هو أصل نظام درجات الزوايا المستخدم حتى الآن. ومع ذلك ليس هناك تفسير مقنع للسبب الذى من أجله قسموا الدائرة إلى ستة أجزاء. وإنما كان لديهم فحسب رمزان للأعداد. أحدهما يدل على الرقم واحد والثانى للرقم عشرة. ولذلك كانت رموزهم الحسابية غير متقنة. ومع ذلك لابد أن يذكر للبابليين أنهم ابتكروا واستخدموا نظام الخانات العددية التى تختلف قيمة العدد بحسب الخانة التى يوجد بها. ولذلك يمكن أن يكون لعدد الواحد قيم مختلفة. وعلى هذا النحو، فالنظام الذى ما يزال مستخدما حتى اليوم، والذى يجعل للرمز الواحد، قيمة واحد أو عشرة أو مائة أو أكثر من ذلك بحسب الخانة التى يوجد بها، هو نظام ورثناه عن البابليين.

وقد انعكست هذه البراعة الحسابية عندهم على علم الجبر. فنجحوا فى حل معادلات جبرية من الدرجة الأولى والثانية والثالثة[1]. أما

(١) الفرق بين أنواع المعادلات الثلاث يكمن فى القوة التى يرفع إليها المجهول س فى كل معادلة. فإن كانت س فقط، نكون أمام معادلة من الدرجة الأولى، ثم س٢ ، س٣ على التوالى تدل على المعادلات من الدرجتين الثانية والثالثة. (المترجم)

إسهاماتهم الهندسية، فقد كانت أدنى من ذلك. فقد حلوا، أو حاولوا أن يحلوا المسائل الهندسية، مثل حساب المساحات، بطرق حسابية خالصة، كانوا يقرنون حساباتهم غالبا برسوم تمثل المساحة التى يتم حسابها. غير أن الرسوم هنا كانت أقرب إلى الأشكال البيانية منها إلى النسب الهندسية. ولا شك أن الظروف السائدة فى وادى الفرات وطبيعة المواد الموجودة به كان لها أثرها على تفضيل البابليين لعلم الحساب على بقية الفروع الرياضية الأخرى. على العكس من وادى النيل بمصر، فقد كان وادى الفرات خاليا من الأحجار تقريبا، والحجارة بما تتصف به من صلابة وشكل ثابت هى أساس الدراسة الهندسية.

أما الصلصال، وبوصفه مادة لينة ليس لها شكل محدد، فإنه يفتقر إلى الخصائص الهندسية، حتى يُحرق فى النار ويكتسب صلابته، ومع ذلك، فقد كان هو المادة الأساسية، سواء فى البناء أو صناعة ألواح الكتابة والحساب. كذلك كانت الظواهر الطبيعية فى وادى الفرات، وبعكس وادى النيل، تفتقر إلى الثبات. من ذلك مثلا أنه كان من الصعب التنبؤ بحالة الفيضان مقدما. وعلى النقيض من المصريين الذين عرفوا الثبات من الحجارة، وفكرة النظام والإطراد من توالى الفيضانات، فإن البابليين تلمسوا هذه الأفكار من مصادر أخرى. والاعتقاد أنهم وجدوها فى الأعداد وصور الإطراد الموجود فى الحساب. فقد كانوا مصنفين ومؤلفين جادين للحقائق والأشكال. ووضعوا نظاما شاملا من الأوزان والمقاييس والأعداد كالمربعات والمكعبات. وتوصلوا لتقدير الجذور التكعيبية، وحسبوا الجذر التربيعى للرقم ٢ مقربا إلى خمسة أعداد عشرية.

يضاف إلى ذلك جمعهم للمتابعات الحسابية، وتقدير مجموعها بالنسبة لعدد معين من الحدود[1]. وتركوا لنا ألواحا تسجل تصورهم

(١) يحكم مجموع متتابعة حسابية إلى حد معين القانون : حـ ن= $\frac{ن}{٢}$(أ + ل). أى أن مجموع المتوالية الحسابية يساوى الحد النونى مقسوما على ٢، ثم مضروبا فى حاصل جمع الحدين الأول والأخير. (المترجم)

بشكل ما فى أشكال اللوغاريتمات. وإذا كانوا لم يتركوا لنا ما يفيدنا فى معرفة طرائقهم فى حل المعادلات الجبرية، فإن الحلول الكثيرة الصحيحة والمتنوعة التى توصلوا إليها تؤكد أنهم كانوا على وعى وفهم بالطريقة العامة لحل هذه المعادلات. ومن الجائز أن يكون هذا النوع من التقنية الرياضية قد توارثتها الأجيال لفظياً. غير أن ما بين أيدينا من وثائق يؤكد أن علم الجبر هو أحد الصناعات الفكرية للبابليين سكان ما بين النهرين.

أما بالنسبة لعلم الفلك، فقد أخذ عندهم شكلا كمياً واضحاً. وتميز بتنبؤاته الدقيقة للخسوف والكسوف، والتى وقفت وراءها خبرة وثروة من الملاحظات عن القمر والشمس وحركاتهما. وفى هذا المجال، نستطيع القول إنهم تفوقوا على المصريين. وبالرغم من ذلك، وامتداداً لتواضع إمكاناتهم الهندسية، فقد عجزوا عن تصور آلية العلاقات بين الأجرام السماوية بطريقة هندسية. وإنما انصب اهتمامهم على تحصيل الملاحظات الدقيقة، ثم استخدام قدراتهم الحسابية المتميزة فى الاستفادة مما شاهدوا فى التنبؤ بما يمكن أن يحدث، دون أن يعرفوا أو حتى يهتموا بأن يعرفوا كيف يتم ذلك.

وبشكل عام، فقد تراكمت عند المصريين والبابليين، وكذلك بدرجات متفاوتة عند الهنود والصينيين كثير من الملاحظات الصحيحة عن العديد من الظواهر الطبيعية. وشهدت فترة الثلاثة آلاف عام السابقة على عام ٥٠٠ق.م. نشاطاً، مكثفاً ومتنوعاً، أسفر عن كمية هائلة من العناصر والأفكار العلمية الحقيقية قدمت للبشرية ذخيرة لا تنفد من المعرفة ذات طبيعة تأملية نقدية. أما الإغريق، فيتركز تفوقهم فى قدرتهم على استخلاص المبادئ العامة من المادة العلمية التجريبية للشرق القديم. وعلى ذلك يمكننا أن نعتبرهم المؤسسين الحقيقيين للعلم بالصورة التى نجده عليها اليوم. فهم المبدعون الفعليون للتعميم العقلى. أى ذلك

الضرب من التفكير الذى ينطلق من بضعة أمثلة جزئية محدودة إلى الحكم العام الذى يشملها جميعا. ومع ذلك، فهم مدينون للمصريين والبابليين بالمعطيات والحقائق، التى استندوا إليها فى الانطلاق إلى الأفكار العامة(١).

* * *

(١) إن فكرة تقسيم الشعوب القديمة إلى شعوب منتجة وموردة للمادة العلمية الخام دون فهم للمبادئ التى تقوم عليها، وشعوب أخرى متخصصة بحكم تميزها العقلى فى استخلاص المبادئ العامة من المعطيات التجريبية، هى فكرة لم تعد مقبولة بعد ثبوت خطئها علميا وتاريخيا. والتيقن من ارتباطها بأفكار عنصرية اوربية منذ بداية القرن الماضى. فهى تتنافى مع تكامل قوى الإنسان الحسية والعقلية والوجدانية. ولا تتسق مع بديهات العلم من أن المعرفة التجريبية تستلزم بداهة فرضاً عقليا سابقا عليها يقودها ويوجهها. ومن ثم، فتصنيف الشعوب أو العقليات إلى ماهو متخصص فى التنظير وما هو متخصص فى التجريب أو من يطلب المعرفة لذاتها، ومن يرجوها لأغراض عملية، هو وهم متيافيزيقى. فالنظريات الهندسية بالغة التطور التى بنى بها المصريون أهراماتهم، عجز الإغريق عن الوصول إليها. وما استطاع اليونان إبداعه من نظريات هندسية، استفادوا به فى بناء معابدهم ومسارحهم وأسواقهم العامة. وإنما الأقرب إلى الصواب أن الظروف الجغرافية هى التى تجعل بعض الشعوب أميل إلى هذا الجانب أو ذاك.
(المترجم)

الإغريق وصياغة الأفكار العلمية الأساسية

الإغريق من حيث أصولهم الأولى، أقوام من البرابرة نزحوا من جنوب روسيا إلى آسيا الصغرى أو أيونيا، تلك التى كانت تسمى بـ«أرض الرحل المتجولين». وبعد استقرارهم، وجدوا بلادهم تقع على طرق التجارة مع مصر وبلاد ما بين النهرين. وقد انحدر الإغريق بشكل حديث نسبيا، عن الحياة الزراعية فى السهول كما كانت فى العصر الحجرى. وكان نظامهم الاجتماعى أبسط وأقل تماسكا من مثيله فى مصر وبلاد ما بين النهرين.

وقد وجد بعض الاغريق طريقهم إلى مدن طيبة وبابيلون[1] Babylon حيث شاهدوا بأنفسهم الأعمال والإنجازات المذهلة التى تركت فى نفوسهم أثراً عميقا، وإن لم تفقدهم الأمل والثقة بأنفسهم. ثم عادوا إلى بلادهم متفكرين ومتأملين فيما شاهدوا. وقد اعترف عدد من عظماء الإغريق أمثال هيرودوت وهيبوقراط وأرسطو وغيرهم بدينهم للحضارات القديمة. ويكفينا أن نقبل اعترافهم كشهادة على استفادتهم من الشرق القديم.

وإذا كان ثمت حضارة استفاد منها الإغريق أكثر من غيرها، فهى الحضارة المصرية القديمة. فقد عاد هؤلاء الذين زاروا مصر بمعارف

(١) مدينة قديمة تقع على نهر الفرات اشتهرت كمركز ثقافى وعاصمة لإمبراطورية واسعة. (المترجم)

واسعة عن الهندسة التى ابتكرها المصريون، فقد اعتقد المصريون أن ملوكهم بعد موتهم وتحنيطهم ودفنهم يظلون على اهتمامهم ومراقبتهم لرعيتهم. ولذلك، لابد أن يكون لهم من مظاهر العظمة والخلود ما يحفظ لهم مجدهم وهيبتهم. ومن أجل ذلك، اعتبروا الهرم الأكبر ضمانا لمستقبل الشعب تحت رعاية مليكه. ويجب أن يكون بناؤه أخطر مهمة يتحتم القيام بها. وأن تكرس لها الدولة كل مواردها، بحيث لا يبقى منها إلا ما يكفى فحسب لإعالة الناس.

وكانت أمنية الإغريق تقليد المصريين بحيث تكون لهم صروحهم المعمارية الشامخة فى بلادهم، ولكن بدون هذا الاستحواذ المكثف الذى وجدوه عند جيرانهم الشرقيين، والذى هو ناتج بالدرجة الأولى عن الظروف الخاصة بوادى النيل. فقاموا بتشييد عديد من الأبنية، ولكن مع الحفاظ على التناسب المعقول بين عملية البناء وبين بقية الاهتمامات الأخرى للحياة. وكرسوا أنفسهم للتفكير النظرى فى الفنون العملية القديمة، علاوة على استخدامها والاستفادة منها. ولم يكترثوا كثيرا بالحياة الأبدية بعد الموت، أو ضرورة الحفاظ على الأجساد البالية بالأبنية الخالدة. وإنما توقفوا طويلا متأملين فيما يفعلون وكيف يقومون بذلك.

ويعتبر طاليس أول رحالة إغريقى إلى الحضارات الشرقية القديمة. وقد ترك لنا نماذج على الاتجاه الجديد للعلم عند الإغريق، من حيث هو بحث فى الأشياء ذاتها من أجل الوصول إلى الحقيقة بشكل منفصل تماما عن تطبيقاتها العملية على الموضوعات المختلفة، والتى من أجلها كان البحث العلمى منذ البداية. وطاليس عالم وفيلسوف إغريقى وأحد مواطنى مدينة ملطية، وهى مدينة على ساحل آسيا الصغرى، حيث ولد بها حوالى عام ٦٣٠ق.م. وبالرغم من عمله فى التجارة، وبخاصة تجارة الملح والزيت، إلا أنه كان يتمتع بكثير من المواهب الطبيعية. حدث يوما أن تعثر أحد بغاله فى مجرى مائى وكان يحمل ملحاً. فذاب الملح فى الماء

وشعر البغل أن الحمل الثقيل الذى كان على ظهره قد خف كثيرا. وبالرغم من كونه بغلا، فقد جعل من التعثر فى المستنقعات ومجارى المياه عادة ثابتة له فى الذهاب والإياب. والآن، ماذا يفعل طاليس مع هذا البغل! قلد استبدل بالملح الثقيل الذى يحمله، حملا آخر أخف وزنا من الإسفنج. وهكذا تعلم البغل من الآن فصاعدا كيف يكون حريصا ويتجنب الوقوع فى مجارى المياه. كذلك كان طاليس بارعا فى الاستفادة من الظروف وتوظيفها لمصلحته. إذ يحكى عنه أرسطو أنه تنبأ فى أحد الأعوام أن محصول الزيتون سيحقق وفرة كبيرة. فسارع باحتكار كل معاصر الزيوت فى المدينة. وعندما أغرق محصول الزيتون الأسواق، اشتدالزحام على المعاصر. فقام بتأجيرها بمبالغ باهظة. وبجانب براعته التجارية المعروفة كان لطاليس نشاط محلى ملحوظ.

وقد زار طاليس مصر لأسباب تجارية. وأثناء وجوده بها تعرف على الهندسة المصرية. وعندما عاد إلى ملطية، بدأ يفكر بشكل نظرى فى الحقائق الهندسية التى تعلمها. وأول هذه الحقائق أن زاويتى القاعدة فى المثلث المتساوى الساقين، متساويتان. وإذا كان المصريون قد عرفوا هذه الحقيقة بشكل تجريبى عن طريق الاستقراء، وكنتيجة لخبرتهم العملية فى عمليات البناء، فإن طاليس لم تكن لديه اهتمامات خاصة ببناء المعابد كالمصريين. وإنما سعى للوصول لأقصر طريق للبرهان. فقام برسم مثلثين متساويَى الساقين، وفى نفس الوقت هما أيضا متساويان من حيث المساحة. ثم وضع أحدهما فوق الآخر بعناية حتى تطابقا. فإذا قلبنا المثلث العلوى ظهراً لوجه، وأعدنا وضعه فوق المثلث الآخر، فإنه يظل مطابقا له برغم اختلاف الزوايا. وهذا يبرهن على أن زاويتى القاعدة متساويتان. هذا البرهان يقوم على الاستدلال الاستنباطى[1]. وفى وسعنا

(١) البرهان الذى قدمه طاليس هو أبعد ما يكون عن الاستدلال الاستنباطى. بل يعتمد على الملاحظة الحسية والإجراءات التجريبية. أما البرهان الاستنباطى فله طرق عديدة ابسطها تنصيف المثلث ثم البرهنة على تطابق المثلثين. (المترجم)

أن نأخذ به دون الاعتماد على الخبرة التجريبية نهائيا، كما لو كان هذان المثلثان متساويا الساقين هما أول مثلثين في العالم. وهذا يعني أن برهان طاليس مستقل عن خبرة قدماء المصريين التي اكتسبوها عبر آلاف السنين. هكذا ابتكر طاليس، وترك لنا أقدم مثال سجله التاريخ للعلم الاستنباطي، من خلال التقائه بالعلم المصري. والمنهج الاستنباطي يختلف من حيث أسسه وبنيته المنطقية عن المنهج الاستقرائي، وإن كان من المستحيل الفصل بينهما تاريخيا أو اجتماعيا.

بالإضافة إلى ذلك، عرف طاليس أنه إذا تقاطع خطان مستقيمان، فإن الزوايا المتقابلة تكون متساوية. لعله برهن على ذلك بنفس طريقة المثلثات السابقة. أي أنه كان يقلب زوجاً من العصي المستقيمة المتقاطعة والمربوطة ببعضها بإحكام، برهن على أننا إذا توافرت لنا معطيات عن قاعدة مثلث ما وزاويتيها. فإن المثلث لن يحتمل إلا شكلا واحدا وبطريقة محددة، ثم استخدم هذه المبرهنة في قياس المسافة من الشاطئ إلى سفينة مرئية في البحر. وبرهن كذلك على أن أضلاع المثلثات متساوية الزوايا والتي تختلف في مساحاتها، تتناسب مع بعضها بحسب أطوالها. ويقال إن طاليس استخدم هذا البرهان في قياس ارتفاع الهرم الأكبر بمصر وبحضور الملك أماسيس. وأكد أن قطر الدائرة ينصفها نصفين متساويين. وأن الخطوط التي تصل ما بين أي نقطة على محيط الدائرة وبين نهايات أي قطر تتعامد على بعضها البعض بزوايا قائمة. نستطيع أن نشاهد حالات خاصة من هذه المبرهنة في بلاط بعض الأرضيات وبقية الزخارف التي تتكون من الدوائر والمربعات. ويعتبر التعميم في هذه المبرهنة علامة على التقدم الكبير في التفكير المجرد.

ولم يكن طاليس عالما رياضيا فحسب، بل كان كذلك من المبرزين في علم الفلك. فتنبأ بكسوف الشمس بناء على المعطيات العلمية التي عرفها من بلاد ما بين النهرين. وبناء على حساباتنا الفلكية الحديثة، فإن هذا

الكسوف حدث إما فى الثلاثين من سبتمبر عام ٦٠٩ق.م. أو الثامن والعشرين من مايو عام ٥٨٥ق.م. ويقال ـنه فى إحدى نزهاته الليلية، أخذ يحدق فى النجوم حتى زلت قدمه ووقع ءى مصرف للمياه. فسألته إمرأة عجوز متعجبة، كيف لك أن تكتشف ما فى السماء إذا كنت لا ترى مواضع قدميك على الأرض.

وبعد طاليس، جاء اثنان من مشاهير الفلاسفة والعلماء[1] الملطيين هما انكسيماندر وانكسيمنس. فتوسعوا فى مفهوم المادة الأولى البسيطة لتفسير الظواهر الفيزيائية. فاستخدم انكسيماندر فكرة التحولات التى تحدث للمادة لتفسير نشأة الأرض والنجوم، وأصل الكائنات الحية، باعتبارها جميعا نتاجا لتحولات تحدث على الأرض. فالحياة كما يقول، قد نشأت أول ما نشأت فى الماء. وتحت تأثير الشمس، تحول الماء إلى بخار. وانتقلت الحياة إلى الأرض، لتتخذ لها مساراً طويلا من محاولات التكيف مع البيئة وظروفها المختلفة. لذلك، فهو يرى أن بداية الحياة كانت فى البحر. وأن السلف الأول للإنسان يشبه بشكل ما الأسماك.

أما فيثاغورث، فقد ولد بمدينة ساموس على ساحل آسيا الصغرى. كان أصغر من طاليس بحوالى ثلاثين سنة. ويقال إنه تتلمذ لانكسيماندر الذى نصحه بطلب العلم فى مصر. وبصرف النظر عن صحة هذه الرواية، فقد استفاد فيثاغورث من علم المصريين والبابليين معاً. وتأثر بشدة بالأعداد والحساب. واعتبر الأعداد أشياء حقيقية، بل هى المادة الخام التى تصنع منها الأشياء المادية. هذه الأهمية البالغة التى أعطاها فيثاغورث للأعداد، كانت وراءها بالتأكيد أسباب عميقة. فلاشك أن مولده فى آسيا الصغرى فى ذلك الوقت كان له مغزى، حيث بدأت النقود

(١) فى هذه المرحلة المبكرة ا من تاريخ لإنسانية، وفى غياب التمييز المنطقى الدقيق بين المناهج المختلفة لم يكن هناك فرق بين الفلسفة والعلم. وفى إطار الشكل الموسوعى فى المعرفة، كان على الفيلسوف أن يحيط بكل معارف عصره وعلومها. لذلك كان العالم يمارس بحثه العلمى وهو يصر أنه يتفلسف. (المترجم)

تكتسب مكانة هامة فى التعامل بين الناس فى التجارة على أنقاض نظام المقايضة. فكانت سببا قويا فى تكثيف الضوء على مفهوم «القيمة» وتقديرها بحدود عددية، دعمت من مكانة الأعداد.

وقد حرص فيثاغورث على أن يكون تلاميذه من الطبقات الاجتماعية العليا. وألف منهم فرقة دينية سرية يعيش أفرادها حياة بسيطة. ويكرسون وقتهم للبحث والتأمل. ومالبث تنظيمه السرى أن اكتسب قوة سياسية، لفتت إليه الأنظار وأثارت معارضة شعبية واسعة ضد هذه النحلة الغريبة، وانتهى الأمر بسقوط هذا التنظيم وتدميره تماما. مهما يكن الأمر، فقد اهتم الفيثاغوريون بتنظيم وترتيب الحجج المنطقية فى الهندسة، كتلك التى تُنسب لطاليس، بحيث تكتسب شكلها المنطقى الصحيح الذى يبدأ من المقدمات، وينتهى بالنتائج التى تلزم عنها، سيان كانت هذه الحجج الهندسية مفردة أو كسلسلة مترابطة. لذلك كانت النظرة إلى الفيثاغوريين باعتبارهم الذين «حوّلوا دراسة الهندسة إلى نوع من التعليم الحر» بتطوير عملية البرهنة الهندسية ذاتها على نحو منفصل مستقل عن تطبيقاتها. ولذلك يجب أن يتحمل الفيثاغوريون نصيبهم من اللوم لأنهم أول من فصلوا العلم بمعناه النظرى الخالص عن تطبيقاته، مما تسبب فى تقهقر العلم عدة قرون. وهو ما نراه عند أفلاطون الذى تبنى أفكار الفيثاغوريين الأساسية وطورها على نحو أضر بالعلم من جانب، وأفاد فى تقدمه أيضا من جانب آخر.

ونحن لا نجاوز الحقيقة إذا قلنا إن المضامين الهندسية لكتابى إقليدس الأول الثانى هى من أعمال فيثاغورث وتلاميذه. ومن أكثر إنجازاته شهرة المبرهنة المعروفة باسمه، أى نظرية فيثاغورث. هذه النظرية تقرر أنه بالنسبة لكل المثلثات ذوات الزوايا القائمة فإن مساحة المربع المنشأ علي أطول الأضلاع (الوتر المقابل للزاوية القائمة) يساوى مجموع مساحة المربعين المنشأين على الضلعين الآخرين. والبرهان

الذى قدمه فيثاغورث للنظرية يختلف عن ذاك الذى عرضه قليدس. فبرهان فيثاغورث ينطوى على قدر كبير من التأمل فى طبيعة البرهان ذاته. وعن طريق ترتيب الفيثاغوريين للأعداد على هيئة أعمدة، تماما كقوائم الأعداد عند البابليين، اكتشفوا كثيراً من العلاقات فيما بينها ومن أكثر اكتشافاتهم إثارة فى هذا المجال، أن العدد المناظر للجذر التربيعى لعدد ٢ والذى من الواضح أنه موجود، لا يمكن التعبير عنه بالأعداد الصحيحة مثل ١، ٢، ٣... إلخ. فلنفرض كما يقول الفيثاغوريون أن العدد واحد هو العدد المناظر لطول القطر فى مربع طول كل ضلع من أضلاعه وحدة واحدة، بحيث يمكن التعبير عن هذا العدد ككسر بسطه ومقامه هى تأليفات من الأعداد الصحيحة(١). حينئذ يمكننا البرهنة عن طريق الحساب البسيط أن المقام يجب أن يكن عدداً زوجيا وعدداً فردياً فى آن واحد. وحيث أن ذلك مستحيل، إذن فالعدد الذى يمثل طول القطر أو الجذر التربيعى للعدد ٢ (√٢) لايمكن التعبير عنه بالأعداد العادية مثل ١، ٢، ٣... إلخ.

ومن ذلك استدل الفيثاغوريون أن √٢ يجب أن يكون مختلفا بشكل أساسى عن الأعداد الصحيحة العادية. ووصفوه بأنه العدد «اللامعقول» أو العدد الأصم. هذا الكشف كان موضع فخر الفيثاغوريين كما كان أيضاً نقطة ضعفهم. فذهبوا إلى أن هناك أكثر من نوع واحد من الأعداد التى تتصف بالسمو. وحيث إنهم كانوا يعتقدون بأن الكون مصنوع من الأعداد، بعضها كما نرى يتصف باللامعقولية، فقد استدلوا من ذلك أن الكون هو أيضا لامعقول. كفرقة دينية، وجد الفيثاغوريون أنه من غير المناسب القول إن الله خلق كونا لا يتصف بالمعقولية. لذلك أبقوا اكتشافهم للأعداد الصماء سرا فى طى الكتمان.

(١) إذا افترضنا أن أى ضلع من أضاع المربع يساوى واحداً. إذن فالقطر يساوى √٢ حسب نظرية فيثاغورث. (المترجم)

ومن المكتشفات العظيمة التى تحتسب للفيثاغوريين وضعهم للنوتة الموسيقية التى تعتمد على حساب ذبذبات الأوتار وبحسب أطوالها. فكشفوا عن العنصر العددى فى الفن والموسيقى[1]. وقد اعتبروا ذلك من جهة نظرهم تأكيدا على أن الكون من حيث الجوهر ليس أكثر من عدد. واستطاعوا أن يدخلوا واحدة من أهم الظواهر الطبيعية فى دائرة الرياضيات، هى ظاهرة الحركية الموجية أو الترددات. وأصبح هذا

(١) من الحقائق التاريخية المذهلة التى اكتشفت مؤخراً، والتى خالفت ما استقرت عليه المراجع العلمية بما فى ذلك دائرة المعارف البريطانية، أن الواضع الحقيقى للنوتة الموسيقية، وأول من حدد وسجل السلم الموسيقى هم المصريون القدماء، وليس فيثاغورث كما شاع لزمن طويل. والسلم الموسيقى له علاقة وثيقة بالرياضيات التى بلغت درجة كبيرة من التطور فى مصر القديمة، وفى نفس الوقت لعبت الموسيقى دوراً أساسياً فى طقوسهم الدينية آنذاك. غير أن الذى ساعد على ذيوع القول بأن فيثاغورث (٥٧٢ ـ ٤٩٧ ق.م) هو صاحب السلم الموسيقى، أن الموسيقى فى مصر القديمة، وكجزء من التراث الدينى والعلمى. كانت مستورة، ويتم تناقلها سماعاً بين الأجيال. وأغلب الظن أن الكنيسة القبطية تحتفظ ببعض ما انحدر إلينا عن أجدادنا القدماء. أما فيثاغورث نفسه فقد عاش بمصر أكثر من اثنى عشر عاماً. وتعلم الكثير من علومها وفنونها ووحضارتها. ويرجح أن يكون ما عرفه عن السلم الموسيقى جزءاً مما تعلمه بمصر. ويؤكد ذلك ما يذكره هيرودوت من أنه سمع من أغانى مصر أغنيات صارت فيما بعد أغنيات شعبية فى بلاد اليونان.

ويرجع فضل هذا الاكتشاف الهام للباحث الامريكى روبرت كاريس من جامعة كاليفورنيا وخبير الناى المصرى محمد عفت. فقد ادرك الأخير بخبرته الطويلة أنه من الممكن التوصل للنغمات الحقيقية لموسيقى قدماء المصريين إذا أمكن العزف على أحد ناياتهم القديمة والمحفوظة بالمتحف المصرى. ذلك أن الناى المصنوع من الغاب هو الآلة الموسيقية الوحيدة التى لم يطرأ عليها أى تغير منذ آلاف السنين. فما كان منه الا أن جرب العزف بالفعل على أحد هذه النايات القديمة. ما كادت أنفاسه تسرى فى الناى الذى يرتد إلى ما يزيد عن ٣٤٠٠ عام، حتى خرجت النغمات فى خشوع وكأنه كاهن فى معبد مصرى قديم. ومن العزف تمكن من استخراج السلم الموسيقى الخماسى (الموسيقى الأولية) والسباعى (الموسيقى المتطورة والمتداولة حالياً). وأمكن تسجيلها على جهاز كمبيوتر. فوصل إلى ما فشل فيه الباحثون السابقون من الأجانب، لجهلهم بطبيعة الناى المصرى ونظرتهم له وكأنه عمود من الهواء ذو ثقوب عشوائية.

وقد انتهت مجموعة البحث المصرية الأمريكية إلى نتائج مدهشة، منها أن آلتى الناى اللتين أجريت عليهما التجارب، اللتين يعودان إلى الدولة الوسطى والدولة الحديثة، عثر عليهما فى بنى حسن بالمنيا وفى سقارة بالجيزة. قد أعطى أحدهما ٤٣٩ ذبذبة، بينما أعطى الآخر ٤٤٠ ذبذبة. وهذا يعنى أن الفراعنة القدماء كان لديهم مصدر قياس للذبذبات ليضبطوا عليها هذه الآلات.

(المترجم)

الكشف حافزا لتأملات إبداعية خيالية عديدة فذهب الفيثاغوريون المتأخرون إلى أن الكواكب تتحرك بالنسبة للشمس على مسافات تحددها العلاقات الرياضية بين النغمات الموسيقية المختلفة. وهذا يعنى أن النظام الشمسى بأسره يتحرك وفقا لانسجام الموسيقى. يعقب أفلاطون على ذلك بأن الانسجام السماوى بين الأنغام حتى وإن لم يكن مسموعاً لنا، فهو مسموع بالنسبة لله. وبعد ذلك بألفين من السنين، كتب كبلر العظيم مؤكدا اعتقاده التام فى الانسجام الموسيقى للأنغام السماوية.

الواقع أن الدراسة المنهجية المنظمة للعمليات الرياضية العلمية التى قام بها طاليس وفيثاغورث كانت نقطة انطلاق لتطور فكرى رائع طوال القرنين التاليين فالفكرة الخاصة بالمادة الأولى الخام التى تتعرض لصنوف شتى من التحولات، تولدت عنها فكرة العنصر الذى منه تصنع جميع الأشياء. فالبعض تصور أن المادة الأولى متصلة أشبه ما تكون بالسائل اللزج الذى تتكون عليه العقد (أو الموجودات المختلفة)، بدورانه السريع حل محوره. والبعض الآخر يرى هذه المادة الأولى منفصلة بحيث تنقسم إلى وحدات صغيرة متساوية أو ذرات. كما تبنى المنازل من قوالب الطوب، كذلك تتكون الأشياء من تجمع الذرات أما الفيثاغوريون فيأكدون أن الاعداد هى هذه الذرات نفسها. وأن الأشياء توجد من تجمع الأعداد مع بعضها البعض.

وقد عالج ديمقريطس فكرة الذرة والمفاهيم الأخرى المرتبطة بها مثل فكرة الفراغ أو المكان الفيزيائى. ذلك أنه إذا كانت الذرات وباعتبارها وحدات منفصلة، هى المادة الوحيدة فيجب أن يكون هناك شئ ما يتخللها له صفاته الخاصة، حتى لو كانت هذه الصفات هى صفات المكان الخالى وبجانب ما قدمه الإغريق من أفكار وتصورات هامة مانزال نأخذ بها حتى اليوم فى العلم الحديث، كالبرهان الرياضى والعملى،

ومفهوم الاتصال من خلال السوائل، والحركات الموجية والذرة الفراغ أو المكان الفيزيائى، وتطور الكائنات الحية، فقد تمكنوا من تطوير الأساس النظرى لبعض هذه المفاهيم إلى مستويات رفيعة. الأمر الذى توضحه لنا إنجازات إقليدس العظيمة فى الهندسة، وقدرة أرشميدس على حل المسائل الرياضية المعقدة.

وقد شرح ارشميدس المبادئ الرياضية التى تفسر استقرار السفينة على سطح الماء، وحسب حجم الشكل الكروى بطرق قريبة من حساب التفاضل. وكان على وعى بالصعوبات المنطقية التى تعترض البرهنة الرياضية، التى لم تكن مفهومة حتى المائة عام الأخيرة. ومن خلال بحوثه على الثقل النوعى للمواد المختلفة، قدم شرحاً كاملا ودقيقا لأصول المنهج العلمى، عالج التطبيقات الرياضية فى مجال المشكلات الفيزيائية بقدر من الذكاء والدقة لانكاد نجد لها مثيلا عبر تاريخ العلم حتى نيوتن. غير أن كل ذلك لا يعنى تجاهل الأخطاء الفادحة التى وقع فيها العلماء والرياضيون الإغريق. ومن أكبر أخطائهم عدم إدراكهم ولا تقديرهم التقدير الصحيح للاختراع العظيم الذى قدمه البابليون كما يتمثل فى النظام العددى ذى الخانات مختلفة القيم، والذى لا شك أنه يعطى دفعة كبيرة للتقدم فى الحساب. على العكس من ذلك، فقد توصل إليه وتبناه بل وطوره الهنود. ثم وضعه العرب المسلمون موضع الاستخدام الفعلى.

والمؤكد أن العقلية الإغريقية كانت فى غالبيتها واقعة تحت تأثير المصريين. وكانت الأهرامات بالنسبة لهم إغراء دائما يحرك الخيال العينى الملموس. مع ذلك اتجه اهتمامهم بهندسة البناء إلى عالم الأفكار الرياضية الخالصة، بعيدا عن دنيا المعمار. أما فضل البابليين فيتضح أكثر فى «الحساب» منه فى «البناء» لأنهم كانوا أهل تجارة وليسوا أصحاب عمارة. غير أن ذلك كله لا يمنع من أن الأغريق حققوا تقدما كبيرا فى علم الفلك والطب والحياة، بجانب الرياضيات والفيزياء بالطبع.

فقد ذهب أرسطارخوس الذى ولد عام ٣١٠ ق.م فى مدينة ساموس أن الشمس هى مركز الكون. وأن الأرض وسائر الكواكب تدور حولها. استطاع حساب حجم كل من الشمس والقمر وبعدهما عن الأرض بمقتضى مبادئ علمية صحيحة، وبدرجة قريبة من الصواب. أما هيبارخوس الذى ولد عام ١٦٠ق.م، فقد عرض أول نظرية رياضية عامة ومقبولة لتفسير النظام الشمسى. ثم طورها وتوسع فيها بطليموس السكندرى حوالى عام ١٥٠ق.م وظلت هذه النظرية مسيطرة على العقل البشرى أكثر من ألف عام، حتى حلت محلها نظرية كوبرنريقوس الفلكية.

أما علم الطب وما يرتبط به من تقاليد وأصول عظيمة فيعود الفضل فى تأسيسه إلى هيبوقراط الذى ولد عام ٤٦٠ق.م. فقد استطاع هو ومن توارث العلم من بعده جمع وتغطية مساحة واسعة من الملاحظات الطبية القيمة. هذه الملاحظات لم تندثر شأن كثير من المعارف الإغريقية الأخرى، بل بقى لنا منها الكثير. ويكشف الطب الإغريقى عن عقلية أصحابه المنهجية المنظمة فى دراسة الأمراض، وإرجاعها إلى أسبابها الطبيعية، فى الوقت الذى كان الطب القديم يعتمد على السحر. ولأتباع هيبوقراط بعض الأقوال المأثورة التى أصبحت بمرور الأيام جزءاً من لغة التعامل اليومى. منها مثلا:

فن الطب لا حدود له، بينما الحياة قصيرة

المرض المستعصى يحتاج لعلاجه كثيراً من الأمل

طعام بعضكم سم للبعض الآخر

كذلك صاغ هؤلاء الأتباع ما يعرف بقسم هيبوقراط، الذى ما يزال معبرا عن القيم والمبادئ التى ينبغى أن يتحلى بها الطبيب فى سلوكه(١).

(١) صيغة القسم كما كتبه هيبوقراط هى «أقسم أن أتبع نظام العلاج الذى أومن، تبعا لقدرتى وملكتى أنه فى صالح مرضاى. وأمتنع عن كل ما هو ضار ومؤذ. وألا أقدم إذا ما طلب منى دواءً قاتل أو=

أما الفرع البيولوجى من العلم الاغريقى، فيرجع الفضل فى تطويره إلي أرسطو. فقد استخدم نفوذه كأستاذ سابق للفاتح المقدونى الإسكندر الأكبر فى تكليفه بجمع كثير من العينات الحيوانية المتنوعة خلال غزواته التى شملت مناطق واسعة من العالم القديم. بعد أن أرسلت هذه المادة العلمية الغزيرة إلى أثينا، أخضعها أرسطو للبحث والتصنيف. بمقتضى ذلك التصنيف، قسم الكائنات الحية إلى أنواع وأجناس وفقا لخصائص معينة. ما لبث أن انتقل بتصنيفه هذا من مجال الاحياء إلى مجال المنطق، فصنف الحجج والبراهين وفقا لنفس المبادئ، والحقيقة أن تفوق الأغريق فى العلوم المجردة لم يجعلهم يهملون علم الحركة أو الميكانيكا التطبيقية. أبرز علماء الإغريق فى الميكانيكا هو هيرو السكندرى الذى عاش حوالى عام ٦٠م. وقد ترك لنا أوصافا لآلات عديدة، منها شكل مبسط من المحركات التوربينية التى تعمل بالبخار وآلة أخرى تقوم بجمع العملات المعدنية بطريقة آلية من المتعبدين الذين يسعون لشراء بعض من المياه المقدسة على أبواب المعابد. ولاشك أن الأغريق طوروا، أو على الأقل ألمحوا لعديد من الأفكار التى ماتزال قيد الاستخدام فى العلوم حتى اليوم. وساعدهم تفوقهم فى البرهان الرياضى على تأسيس مبدأ السببية الضرورية. أى لزوم المعلول عن العلة. وتوصلوا من خلال تأملاتهم العقلية فى السوائل وتكويناتها من الذرات إلى مفهومى الاتصال والانفصال. وكتاباتهم الدقيقة عن هذه

= أن أوحي بمثل هذه المشورة. ومهما دخلت من دور فسيكون دخولي إياها لصالح المريض. ولسوف امتنع عن أى عمل مؤذ متعمد. ومهما رأيت أو سمعت عن حياة الإنسان سواء كان ذلك يتعلق بممارستى مهنتى أو لا يتعلق بها مما يجب كتمانه، فلست أفشى منه شيئا. ولأهب المتعة فى الحياة وممارسة الفن، ليحترمنى جميع الناس ويكبرونى فى جميع الأزمان ما دمت حافظا لهذا القسم لم أحنث به.. أما اذا ما انتهكت هذا القسم أو دنسته فليكن النقيض هو قدرى. هذه السطور هى جزء من القسم الذى ظل أكثر من ألفى عام يحمل السلوك المهنى والأخلاقى للأطباء. وإذا كان القسم يعبر تعبيراً صادقا عن آراء هيبوقراط، إلا أنه لايعود بكليته إليه. فهناك من الشواهد التى تؤكد أن أجزاء من القسم قد انحدرت من ممارسة الطب عند قدماء المصريين. وأجزاء أخرى تعد لتلاميذه من بعده.

(المترجم)

المفاهيم هى التى تقف اليوم وراء أفكارنا عن الحساب ونظرية الكوانتم وعلم الإحصاء ونظرية النسبية. أضف إلى ذلك أن فكرة التطور بالنسبة للكائنات الحية لم تكن غائبة عن أذهانهم.

أخيراً، وقبل أن تأفل شمس ازدهارهم العلمى، حوالى القرن الثانى الميلادى، اتجه الاغريق لإعادة صياغة تقنياتهم الكميائية الخاصة باستخلاص المعادن أو تحضير الداوء وتكييفها لتحضير مواد أو معادن معينة ذات قيمة خاصة. ومن بعدهم ولآلاف السنين تطورت هذه التقنيات للاستفادة بها فى استخلاص المعادن وبعض المواد الأخرى المفيدة والتى توجد بنسب صغيرة فى المادة الصخرية الخام. وهكذا تبنى السحرة الجدد سائل التقنية القديمة. وبدلاً من ممارسة الطقوس السحرية القديمة، اختزلوا الطرق العملية المستخدمة فى الورش والمعامل على نطاق واسع، لتحقيق أهداف صغيرة ومحددة بدقة. بمعنى أنهم قاموا بتصغير العمليات الإنتاجية القديمة لأنهم لم يعودا بحاجة إلى كميات ضخمة من المواد الرخيصة. بل انحصر جهدهم فى تحويل كميات صغيرة من المواد أو المعادن الرخيصة، إلى أشياء نادرة أو معادن غالية. هذه العملية التصغيرية للعمليات الكبيرة التى كانت تحدث فى الواقع العملى، كانت وراء انبثاق البحث العلمى المعملى من العمل الانتاجى فى صورته المبكرة. هؤلاء السحرة الجدد الذين سايروا العصر سيان كانوا رجالاً أو نساءً، اتخذوا من الاسكندرية مركزاً لنشاطهم حوالى عام ١٥٠م. من أبرز الساحرات فى ذلك الوقت ماريا اليهودية. واتجه هؤلاء لبناء وحدات صغيرة للتقطير وتجهيزها بالدوارق والأنابيب والكؤوس وغيرها من مستلزمات المعامل. فكانوا بذلك المؤسسين الحقيقيين لما نعرفه اليوم عن المعامل الكيميائية.

أما بالنسبة للحضارة الغربية الإغريقية وعلاقتها بالحضارة الصينية، فقد التقوا عند نقاط معينة واختلفوا فى نقاط أخرى. أما الحضارة

الصينية، فقد بدأت بمجموعة من الرعاة الذين استقروا فى وادى النهر الأصفر. وكانوا هم أصل السلالة الصينية الحاضرة. ومن الرعى انتقلوا إلى الزراعة واعتمدوا عليها بشكل كامل وأسرعوا فى تطويرها أكثر من جيرانهم الشرقيين الذين استوطنوا وديان انهار الهندوس والفرات والنيل. وربما كان السبب الذى دفعهم إلى الاعتماد على الزراعة هو الرياح الموسمية التى جعلت حياتهم الرعوية غير آمنة. علاوة على ذلك، فاعتمادهم على الزراعة كان من عوامل استقرار حضارتهم. هذه الحضارة التى كانت بمثابة القاعدة المتينة التى انطلقوا منها يرفعون رايات التفوق والمجد فى ميادين شتى. ففى فترة القرون الأربعة، من القرن الثانى قبل الميلاد حتى القرن الثانى الميلادى، توهجت الرياضيات الصينية محققة طفرة كبيرة حتى أن عمليات مسح الأراضى كانت تتم بدقة مدهشة. بالتالى عرف الصينيون الحساب الصحيح لمساحة المثلث والأشكال الأخرى الملحقة به. وعرفوا، بل وكان فى مقدورهم البرهنة على أن المربع المنشأ على الضلع الأكبر (الوتر) فى المثلث القائم الزاوية، يساوى مجموع المربعين المنشأين على الضلعين الآخرين. وتمكنوا من حساب الجذور التربيعية التكعيبية. وكذلك حساب حجوم الأشكال الهرمية وسائر الأشكال المعمارية المتنوعة. أضف إلى ذلك إنجازا رياضيا متميزا هو استخدامهم حساب الاحتمالات فى حساب بعض المعادلات الرياضية عن طريق التخمين أو النسبة التقريبية. فقد كانوا يقدرون القيمة الصحيحة للمعادلة باعتبارها تتردد بين قيمتين أكبر منها وأصغر منها. وتحت اسم الطريقة الصينية، عرف الأوربيون هذا النوع من المعالجة الرياضية عن طريق الرياضيين العرب. وفى عام ٢٦٣م تمكن الرياضى ليوهو Liu Hui من حساب النسبة التقريبية (ط) وقدّرها بأنها ٣,١٤١٥٩. وانتشر استخدام الورق، واخترعت عربة اليد ذات العجلتين. وتشير نقوشهم على العظام إلى معرفتهم بالخسوف الذى حدث للقمر عام ١٣٦١ق.م. وكذلك كسوف الشمس عام ١٢١٦ق.م. بل ومعرفتهم

بمولد النجوم الجديدة. وفى القرن الثانى الميلادى، استخدم شانج هنج Chang heng الطاحونة المائية فى إدارة كرة من البرونز تشبه الأرض. اخترع جهاز السيسموجراف المستخدم فى تسجيل الزلازل. واكتشف يوهسى Yu Hsi تعاقب الاعتدالين الربيعى والخريفى (٢١ مارس، ٢٣ سبتمبر على التوالى) اللذين ينتجان عن تذبذب حركة الأرض المغزلية حول محورها. وكان ذلك عام ٣٣٦م.

غير أن كل هذه الإنجازات الرائعة وغيرها كثير، لم تساعد الصينيين على الارتقاء بتفكيرهم إلى مستوى التعميمات النظرية والمبادئ العامة وراء العمليات التطبيقية والعلمية. ويبدو أنه لا يوجد شعب واحد من شعوب الشرق الأقصى استطاع أن يستفيد من ثراء الحقائق التجريبية الذى تركته الحضارة الصينية عبر آلاف السنين فى عمليات تنظيرية لاستخلاص القضايا والقوانين الكلية وراء التفصيلات، بالطريقة التى اشتق بها الاغريق المبادئ العامة من الكشوف الهندسية والرياضية لقدماء المصريين والبابليين.

* * *

لماذا غربت شمس العلم الإغريقى؟

ظهر الأغريق لأول مرة على مسرح التاريخ كمحاربين برابرة بدائيين، لا حضارة لهم إذا ما قارناهم بالمصريين والبابليين القدماء. هؤلاء الذين سبقت حضارتهم الإغريق بآلاف السنين. ومع ذلك، فقد اتخذوا من المعارف التجريبية الغزيرة التى أمدتهم بها هاتان الحضارتان مادة للتفكير العقلى العميق، بحيث استطاعوا تطوير علمهم الخاص بسرعة كبيرة ابتداء من القرن السادس قبل الميلاد. وكان تقدمهم العلمى جزءاً من تقدم شامل فى جميع المعارف والفنون، بما فى ذلك الموضوعات السياسية والاقتصادية والفنون العملية، بالإضافة إلى المسائل الخاصة بتسليح الجيوش وعلم الاستراتيجية ووضع الخطط العسكرية وفق تكتيكات معينة. نعم لم يكن الإغريق أمة كبيرة كثيرة العدد، ولكن قلتهم أكسبتهم قدراً كبيرا من المرونة والحركة والقدرة على التأثير، حتى أصبحوا قادة الحضارة الجديدة.

وفى بداية الأمر، استقر الإغريق على جزر وسواحل شرق البحر المتوسط بطريقة غير منظمة، وإن كانت هذه الجزر ذاتها هى التى خرج منها علماؤهم المحليون، كل منهم بآرائه ونظرياته. وسرعان ما سعوا تدريجياً إلى نوع من السيطرة المركزية، تبلورت أولاً فى مدينة أثينا. وقد كان لهذه المدينة من الثراء والقوة ما مكنها من أن تكون مركزاً للنشاط العلمى الإغريقى الجديد. فاستوعبت عناصر الحضارة الجديدة. ومن بين

أبنائها ظهرت العقول التى صاغت هذه الحضارة فى أنساق فكرية منظمة أمثال أفلاطون وأرسطو. وقد عاش هذان بعد انقضاء مائتى عام فقط على بداية العلم الإغريقى. فكانوا ما يزالون قريبين جدا من قوتها الدافعة الأصلية، وانعكاسا صادقا لعظمتها.

ومع ذلك، لم يكن الفكر الإغريقى بكليته تقدميا. بل وجدت وتوازنت معه اتجاهات معاكسة تدفع على الانتكاسة والتخلف. فقد حققت أثينا بقيادة الأرستقراطية الحاكمة، انتصارات هائلة، وأصبحت من أكثر المدن الإغريقية ثراء. الأمر الذى زاد من اتساع الهوة التى تفصل بين طبقتى المدينة، أى الأرستقراطية التى تسيطر على مقاليد الأمور ثم الطبقات الكادحة من الحرفيين والمهنيين والصناع المهرة. وبتزايد نسبة العبيد إلى السكان الأصليين، دخل النظام الاجتماعى فى أثينا فى دور من التعقيد الشديد والطبقية الحادة، على نحو يشبه النظام الاجتماعى فى مصر، وسائر المدنيات الشرقية القديمة. وبينما نمت الاهتمامات الفكرية والثقافية عند الطبقة الأرستقراطية بما لها من ثروة، وما تمتعت به من فراغ أتاحه لها وضعها الاجتماعى المتميز، فإن هذه الاهتمامات لا تكاد نجد لها وجودا عند البسطاء من التجار والملاحين وممن يعملون بأيديهم. وعندما يفقد العمل اليدوى والفنون العملية قيمتهما ومكانتهما الاجتماعية، واحترامهما بين الناس، لابد أن يترك ذلك أثرا سيئا على العلم التجريبى. وأوضح مثال على ذلك فلسفتا أفلاطون وأرسطو اللتان مارستا تأثيرا اجتماعيا خطيراً فى تأكيد تميز النظر العقلى على العمل اليدوى. ومما يؤثر عن أفلاطون شعاره الذى حرص على إعلانه على باب مدرسته الفلسفية المعروفة بالأكاديمية يقول فيه «غير مسموح بالدخول إلا لمن كان رياضيا»[1]. وكان مطلبه عن ضرورة صياغة الظواهر الطبيعية صياغة رياضية، باعثا رئيسيا على خلق العلم الحديث.

(١) ولعل ذلك واضح من أن مفهوم الآكاديمية مايزال مستخدما حتى الآن بمعنى الدراسة النظرية الخالصة فى مقابل اكتساب المهارات العملية. وصفة الأكاديمية تعنى البحث عن المبادئ العامة والقضايا الكلية. (المترجم)

أما أرسطو، فهو أنبغ تلاميذ أفلاطون. غير أن اهتماماته النظرية ارتبطت عنده أكثر بما هو عيني وملموس، بعيدا عن الإغراق فى التجريد أو النظريات الخالصة أو التحليق فى عوالم خيالية كأستاذه. ومالبث أن أسس مدرسته الفلسفية الخاصة به وأسماها باللوقيون (الليسيه) حيث أمكنه تطوير وصياغة أفكاره بشكل مستقل. وتكشف لنا دراسات أرسطو لعلم الحيوان عن معرفة موسوعية غير عادية، وذكاء خارق فى ملاحظاته. ويؤكد ذلك أن بعض هذه الملاحظات عن سلوك الحيوان لم يتوصل إليها العلماء بشكل دقيق إلا منذ قرن واحد فقط. ويعود إليه فضل صك معظم المصطلحات الأساسية فى وصف الحيوانات، مثل مصطلحات الأجناس والأنواع. ووضع أساس مشروع علمى عظيم لتصنيف الحيوانات، أكمله تلاميذه من بعده. ومع ذلك، وبالرغم من إسهامتهما العظيمة، لم يكن أفلاطون وأرسطو من العلماء التجريبيين بالمعنى الصحيح للكلمة.

ومن خلال مدينة أثينا، اتسع النفوذ الإغريقى وامتد للبلاد المجاورة، وبلغ أقصى مداه مع الفاتح المقدونى الإسكندر الأكبر (٣٥٦ـ٣٢٣ق.م) الذى امتص الروح الأثينية وانطلق بها مكتسحا فى طريقه كل المدنيات الشرقية المعروفة فى ذلك الوقت. وأصدر أوامره لقواد جيوشه أن يجمعوا لأستاذه القديم أرسطو، كل العينات العلمية التى طلبها. وقد أصبحت هذه المجموعة العلمية النادرة فيما بعد نواة لأول متحف ومكتبة إغريقية، بالإضافة إلى أنها وفرت لأرسطو المادة العلمية اللازمة لأبحاثه الشخصية. وفى بحثه عن عاصمة جديدة لإمبراطوريته مترامية الأطراف، قرر الاسكندر أن يبنى مدينة جديدة باسمه هى «مدينة الإسكندرية» التى أشرف على بنائها عام ٣٣١ق.م وبعد ذلك بثمانى سنوات، مات الاسكندر عام ٣٢٣ق.م فى مدينة بابيلون، وعمره ثلاثة وثلاثون عاما. وبعد وفاة الإسكندر غادر أرسطو مدينة أثينا خوفا من القلاقل والتوتر الذى سببه موته المفاجئ. ومالبث أرسطو أن مات بعده بعام واحد.

وبعد وفاة الاسكندر، انقسمت إمبراطوريته إلى ثلاثة أجزاء، أحدها كان من نصيب واحد من قواده العظام هو بطليموس. وقد اتخذ من الاسكندرية عاصمة له. ومالبث أن استدعى ستراتو Strato عميد اللوقيون الأرسطى فى أثينا، حيث كلفه بإنشاء مؤسسة علمية فى الاسكندرية لترقية العلوم، وللمساهمة فى عملية التعليم أيضا، وهو فى طريقه إلى مصر، أحضر ستراتو معه جانبا كبيرا من مكتبة اللوقيون ومختارات من أعمال أرسطو. وقد عرفت هذه المؤسسة العلمية باسم «المتحف»، ثم أصبحت بعد ذلك أعظم مركز للبحث العلمى المنظم عرفه العالم القديم. ويكفى أن نعرف أن إقليدس (٣٣٠-٢٧٥ق.م) كان أحد الأساتذة الأوائل فى هذه المؤسسة العلمية. وتبعه كثيرون من المتخصصين ذوى الأسماء اللامعة أمثال أرسطارخوس وأرشميدس (١٦٨م) وبطليموس[1]. أما أكاديمية أفلاطون فقد ظلت تقوم بدورها الفكرى فى أثينا لأكثر من ألف عام. ولكن الدراسة بها اتجهت فى مرحلتها الأخيرة وجهة أدبية صوفية. واكتسب منهجها الدراسى طابعا نظريا بعيدا عن التعليم العملى. وقد لقى هذا الشكل النظرى إقبالا واسعا من حكام أوربا فيما بعد لأنه كان أكثر ملاءمة لعقلياتهم غير العلمية.

وفى عام ١٦٨م احتل الرومان أثينا. ومنذ ذلك الوقت أصبحت محط أنظار أفراد الطبقة الحاكمة من الرومان يستكملون بها تعليمهم العام. وكانت بمثابة المرآة التى تعكس أفكارهم. غير أن الرومان بشكل عام، كانوا أهل حرب وحكم وإدارة. لذلك انصبت اهتماماتهم على القانون والنظام أكثر من التقنية والفنون العملية، إلا ما يختص منها بأدوات الحرب وفنون الحكم والإدارة. وهذا يفسر شدة اهتمامهم بتطوير الأسلحة

(١) المقصود هنا هو بطليموس كلاوديوس الرياضى والعالم الفلكى السكندرى والذى اشتهر ما بين عامى ١٢٧ :١٥١م. وهو يختلف عن بطليموس سوتير مؤسس مصر البطلمسية (٣٦٧-٢٨٣ق.م) (المترجم)

وتمهيد الطرق وتأمين احتياجاتهم من المياه، وكذلك ما يلزم من أدوية لعلاج جرحى الحروب. وابتكروا أول مستشفى ميدانى متنقل لعلاج الجرحى فى مواقع القتال.

وكان من الطبيعى أن تتمخض انتصاراتهم العسكرية المتوالية عن عدد هائل من الأسرى والعبيد، حتى باتوا يمثلون نسبة كبيرة من السكان. ولحماية نظامهم الاجتماعى اضطر الرومان أن يستخدموا معهم أكثر الأساليب قسوة ووحشية للسيطرة عليهم. والواقع أن نظام العبيد عند الرومان كان بمثابة انتكاسة شديدة للروح الإغريقية التحررية. ومع ذلك، فقد كان المصريون والبابليون روادا فى هذا المجال. ولم يكن هناك سوى هذا الطريق ليسلكوه. ولاشك أنه كان فى وسع الرومان إضافة الكثير للعلم الإغريقى وتطويره، ولكنهم فشلوا حقيقة فى ذلك. والسؤال الآن ، ما هو المقابل الطبيعى لهذا النظام العبودى القائم على الظلم والتعسف؟ والإجابة هى ظهور الديانات الروحية وعلى رأسها الديانة المسيحية. ووجد المظلومون والمضطهدون فى هذه الحياة الدنيا سلوى وعزاءً فى حياة أخرى كلها النعيم والسعادة فى دار الخلود. وكانت المسيحية بخصائصها الروحية أكثر انسجاما وأشد ارتباطا بالفلسفة الأفلاطونية، منها بالنزعة العلمية المادية المبكرة من الفكر الإغريقى. وكان ذلك الارتباط بمثابة حياة جديدة أضافتها المسيحية للمدارس الأثينية، وساهمت فضلا عن ذلك فى نشأة الفلسفة الأفلوطينية بالإسكندرية.

ويعتبر بطليموس (كلاوديوس) هو آخر الفلكيين الاغريق. قام بأبحاثه فى الإسكندرية فى جو صوفى وروحانى متصاعد. وقد ظلت نظريته الفلكية مستخدمة ومعمولاً بها أكثر من ألف سنة حتى بداية العصر الحديث. وبالرغم من ذلك، فقد كان بطليموس أقل الفلكيين دقة فى ملاحظاته للنجوم والكواكب وأبعدهم عن الصواب فى تفسير ما بينها

من علاقات. وهناك من الفلكيين الذين سبقوه بأكثر من ثلاثمائة عام وكانوا أعظم منه أمثال هيبارخوس.

وبشكل عام، فقد حال نظام العبودية دون أن يتمكن الإغريق وأكثر منهم الرومان من تقرير الأهمية البالغة للجانب التجريبى من العلم. فلم يستطيعوا أن يدركوا أن الحقائق التى نتوصل إليها بمساعدة العمليات اليدوية، والتى شجع النظام الاجتماعى السائد على احتقارها، لا تقل أهمية بالنسبة للعلم عن التفكير النظرى. وهكذا ساهم نظام العبودية فى إضعاف بواعث التقدم العلمى. قارن ذلك بصورة العلم اليوم، حيث تتوازن النظرية مع التجربة من حيث القيمة والأهمية والضرورة.

* * *

الفصل الخامس

العلم الحديث جنينا

استطاع الرومان أن يوسعوا فى إمبراطوريتهم استنادا إلى عمالة تقوم على العبودية المنظمة. غير أن هذا التوسع تجاوز حدود الأمان الذى يسمح به المجتمع العبودى الذى لا يساعد على التقدم التكنولوجى. ففى رأى جونز A.H.M Jones أن سقوط الإمبراطورية الرومانية يعود بالدرجة الأولى لخلفيتها التكنولوجية المتدهورة التى أجبرت الرومان على تحويل الجانب الأكبر من القوى البشرية إلى سواعد منتجة. ولم يبق إلا أقل القليل من الأيدى العاملة لبناء الجيش. وهكذا وصلت الإمبراطورية أخيرا إلى درجة من الضعف عجزت معها عن مقاومة الهجمات الخارجية.

وفى وسعنا أن نعتبر محاولة الإمبراطور جستنيان (٤٨٣-٥٦٥م) هى أعظم وفى نفس الوقت آخر محاولة تجديدية جرت فى ذلك الوقت. ففى عام ٥٢٧م قام الإمبراطور بحركة إصلاح واسعة للقانون الرومانى بهدف جعل الحكومة أكثر قدرة على إدارة شئون الدولة وإحكام سيطرتها عليها. ولم ينقض على ذلك عامان حتى أصدر أوامره بإقفال المدارس الفلسفية فى أثينا، باعتبارها سبب الاضمحلال وأداة للتشكيك فى ولاء المواطن للدولة. ولذلك، فإننا نتخذ من ذلك العام، أى عام ٥٢٩م تاريخا لنهاية العلم الإغريقى الذى بدأ بطاليس، واستمر من بعده ما يقرب من تسعة قرون.

غير أن جهود جستنيان لم تحقق الهدف منها. وبدأ النظام الامبراطورى يتفسخ. وأصبح من الصعب تعقب العبيد الفارين من سادتهم وإعادتهم إليهم. وهكذا تفتت الولايات الزراعية الشاسعة فى آوربا، والتى كانت تعتمد فى زراعتها على العبيد. وتحولت إلى وحدات صغيرة يحكمها سادة محليون. وبات من المحتم حينئذ أن يضمن هؤلاء السادة المحليون بعض الحقوق لعمالهم حتى يمكنهم الاحتفاظ بهم فى ظل تلك الظروف العاصفة، ومادام من المستحيل الإبقاء عليهم أطول من ذلك كعبيد. أما العبيد الذين لم يرضوا بهذه التيسيرات، وكان لهم من الشجاعة مايمكنهم من الفرار، فقد عاشوا لصوصا وقطاع طرق، وطالما أنه لا يوجد جيش رومانى قوى قادر على إجبارهم على العودة.

وفى عصور الظلام الأوربية، التى تلت انهيار الإمبراطورية الرومانية، جرت عدة محاولات لإعادة تنظيم المجتمع ولكن على أسس تكنولوجية جديدة تختلف عن نظام العبيد كأيد عاملة بلا مقابل. وبدأ المجتمع الزراعى القديم القائم على العبودية يتحول تدريجيا إلى نظام إقطاعى. ومن البحر المتوسط جنوبا حتى بحر الشمال، حل العامل الزراعى محل العبد. واكتسب حقوقا ثابتة. نعم لقد بدأت هذه الحقوق محدودة، ولكنها أخذت فى الازدياد شيئا فشيئا. ومع ذلك يمكننا أن نلاحظ أن تلك الحركة التى تهدف لإعطاء ذلك الشكل الجديد للعمل مزيدا من العمق الإنسانى والاحترام الاجتماعى، كان يقف وراءها عدد من قادة الكنيسة المستنيرين. ففى عام ٥٤٣م أسس بندكت أول نظام للرهبان فى آوربا. وهو نظام تعاونى يقاوم الفوضى عن طريق تكريس وقت محدد للعمل اليدوى والذهنى، لا يقل فى أهميته عن الوقت المخصص للصلاة والعبادة.

وعلى هذا النحو بدأ بناء أول نظام اجتماعى أوربى لا يقوم على العبودية نعم لقد كانت الحياة فى هذا النظام قاسية خشنة فى البداية.

غير أن ذلك كان مسألة ضرورية من أجل ضمان الحياة والأمن. ولم يعد أحد يتذكر العلم اليونانى المجرد. بل طواه النسيان تقريبا. فما وجه الحاجة لمثل ذلك العلم فى الظروف الراهنة آنذاك. وهكذا، وكنتيجة طبيعية لاختفاء العبودية، بدأت التكنولوجيا أو الفنون العملية تشق طريقها نحو التقدم فى تلك المجتمعات الأوربية الجديدة التى قامت على أنقاض المجتمع الرومانى المندثر. من ذلك مثلا أن الأنجلو ساكسون الذين جبلوا على الحياة الخشنة استعملوا الطنابير والسواقى بشكل أوسع من أسلافهم الأكثر علما. وبينما كانت الإمبراطورية الرومانية المتداعية تعانى من تغيرات داخلية جذرية، فإن جيرانهم على الحدود كانوا أكثر منهم نشاطا، تماما مثل الإغريق الأوائل بالنسبة لجيرانهم من المصريين والبابليين.

وبينما كان الإسكندنافيون والألمان البرابرة يهاجمون من الشمال، خرجت علينا أقوام جدد من قلب شبه الجزيرة العربية القاحلة، هم أتباع النبى محمد (ﷺ) (٥٧٠-٦٣٢م) الذى كان تاجراً من مكة. ومع ظهور المجتمع الإسلامى الجديد بدأت العبودية تنحسر شيئا فشيئا، وأصبحت أقل حدة وإرهاقاً منها فى المجتمع الرومانى. ذلك أنه فى المراحل الأولى، حرص الدين الجديد على تحويل الكفار إلى الإسلام. ومن ثم، فالعبد فى مجتمع الجاهلية يصبح حرا فى المجتمع الإسلامى الجديد إذا اعتنق الإسلام. وهكذا تعرضت الإمبراطورية الرومانية المتداعية لاكتساح غزاة الشمال من ناحية، وللمسلمين من ناحية أخرى وبدأت فى الانهيار. فالشماليون غزوا انجلترا وشمال فرنسا، بينما سيطر المسلمون على غالبية منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

وخلال مدة لا تزيد عن مائة عام، استطاع المسلمون تطوير غزواتهم. وتحقق لهم فتح أسبانيا وفرنسا. ولم يقدر لزحفهم أن يتوقف إلا بعد هزيمتهم فى تورز Tours عام ٧٣٢م على يد شارل مارتل. وعندئذ تراجعوا

إلى حدود أسبانيا. وظلت أسبانيا تحت لوائهم حوالى أربعمائة عام إلى سنة ١١٣٦، حينما سقطت قرطبة عاصمة المسلمين الفكرية في يد فيرديناند الثالث. وأخيرا طردوا نهائيا من أسبانيا على يد فيرديناند الرابع وإيزابيلا، فى نفس العام الذى اكتشف فيه رحالتهم الإيطالى كريستوفر كولومبس العالم الجديد فى القارة الأمريكية. ومع ذلك ظل التهديد الإسلامى مستمراً. وكان سببا فى وحدة أوربا الإقطاعية. وفى القرن الحادى عشر، بلغت أوربا الاقطاعية من القوة ما مكنها من نقل ميدان المعركة إلى داخل حدود المسلمين أنفسهم. وهكذا كانت الحروب الصليبية(١).

بنفس القدر، كانت الأعمال البطولية لغزاة الشمال تثير الإعجاب. ففى فترة لا تزيد عن القرن، تمكنوا من احتلال كييف Kiev وأن يضعوا أيديهم على القسطنطينية. وأن يهزموا الصقليين ويحتلوا جزيرتهم. ثم قاموا بغزو شمال غرب فرنسا وتعلموا لغة أهلها. واكتسبوا كثيرا من تقاليد النظام الإقطاعى، جنبا إلى جنب مع الفنون العسكرية المتقدمة التى اقتبسها الأوربيون وطوروها من خلال حروبهم مع المسلمين. أضف إلى ذلك كله بسالتهم العسكرية التى اشتهروا بها، بحيث استطاعوا غزو انجلترا عام ١٠٦٦، وتوحيد مقاطعاتها فى دولة واحدة. هذا التوحيد المبكر للدولة الانجليزية كان من بين العوامل الهامة التى ساعدت على تقدمها العلمى فيما بعد.

وفى الوقت الذى انشغل فيه الأوربيون بإعادة بناء نظامهم الاجتماعى الجديد، كان المسلمون منصرفين لقطف ثمرات انتصاراتهم. فمشكلاتهم الروحية وجدت حلها فى الدين الجديد. ولم تعد الأسئلة الكثيرة التى كانت تحيرهم مصدراً لقلقهم بعد أن وجدوا إجاباتها جاهزة فى متناول

(١) يتجاهل المؤلف الأسباب الحقيقية للحروب الصليبية، وهى أسباب استعمارية بحتة، أكثر منها أسباب دينية أو توجيه ضربات وقائية لتهديد إسلامى مزعوم. (المترجم)

أيديهم. وهكذا، كان من الطبيعى بعد أن اطمأنوا على قوتهم العسكرية ومعتقداتهم الإيمانية، أن يتجهوا لتشييد المدن الرائعة، ودراسة ثقافة الحضارات التى دانت لهم. لقد كان العرب المسلمون أمة جديدة بلا معرفة أو تراث سابق[1].

فقرأوا التراث الفكرى للقدماء بعقول متفتحة بلا خلفيات تعوقهم. ولذلك وقفت الثقافات الإغريقية واللاتينية والهندية والصينية جميعها بالنسبة لهم على قدم المساواة. وكان من نتاج هذه العقلية المتعطشة للمعرفة عند المسلمين أنهم أصبحوا بالفعل المؤسسين الحقيقيين لمفهوم العالمية فى المعرفة أو وحدة المعرفة الإنسانية، وهى إحدى السمات بالغة الأهمية بالنسبة للعلم. وكانوا باحثين جادين يتصفون بالذهن الحاد والذكاء الشديد والملاحظة المرهفة. وبرزوا كموسوعيين نقديين. وتفوق منهم كثيرون، أشهرهم ابن سينا (٩٨٠-١٠٣٧).

ولقد ورث المسلمون عن أسلافهم ميراثا عميقا وثريا يتعلق بالتجارة والترحال. ولذلك اهتموا بالمسائل الحسابية التى تتعلق بحساب الأنصبة

(١) يبدو أن المؤلف ذو معرفة متواضعة عن التراث الثقافى والعلمى عند العرب قبل الإسلام، فقد وقع - شأن كثيرين غيره - فى وهم الاعتقاد بأن العزلة التى فرضتها البيئة الصحراوية القاسية فى شبه الجزيرة العربية، حالت دون تغذية القبائل العربية بالأفكار الجديدة أو تنمية خبراتهم العملية الفعلية. وبصرف النظر عن خطأ الأساس السوسيولوجى لهذا الاعتقاد، إذ يستحيل على الجماعة بصرف النظر عن بيئتها أو تكوينها المورفولوجى أن تحيا بلا تراث، بالمعنى العام والمستقر لهذا المصطلح. فقد كان هناك احتكاك فعلى بين عرب شبه الجزيرة وبين الحضارتين العظميين فى ذلك الوقت، وهما: الامبراطورية الرومانية ونظيرتها الفارسية. وهو مانعرفه عن رحلتى الشتاء والصيف إلى اليمن والشام. فإذا اعتبرنا اللغة سجلا موثوقاً به للتفاعل بين الحضارات، فسنجد كثيرا من الألفاظ والمصطلحات العربية التى تدل على استفادة العرب من جيرانهم المتقدمين علميا. يضاف إلى ذلك تأملاتهم الفلكية الدقيقة ومعرفتهم الواسعة بالمجموعات النجمية وحركات الكواكب، التى كانت عونا لهم فى رحلاتهم الصحراوية الطويلة والتى كانت تتم غالبا ليلا. وكذلك كانوا على إلمام ببعض المبادئ الطبية الهامة، وكذلك خصائص النباتات الصحراوية وأثرها فى شفاء بعض الأمراض. (المترجم)

(انظر فى ذلك: عمر فروخ، تاريخ العلوم عند العرب. دار العلم للملايين بيروت).

فى البضائع، والمسائل المرتبطة بالميراث وتوزيعها على مستحقيها. ومن أمثلة هذه المشكلات التى حظيت بجانب كبير من اهتمامهم حساب القيمة المتناقصة للأمة (الأنثى غير الحرة) كلما تقدمت فى العمر. تماما كما نفعل اليوم بالنسبة للسيارة القديمة أو المستعملة. هذه الاهتمامات تستلزم عقليات رياضية متطورة. وفى هذا الشأن، أخذ المسلمون بنظام الأعداد الهندية. وقد ولد أعظم رياضييهم، وهو الخوارزمى حوالى عام ٨٠٠م. فى كييف من أقليم أوزباكستان جنوبى بحر آرال وقد اشتغل. الخوارزمى خازناً للخليفة المأمون وأمينا لمكتبته. وبعد عدة أسفار له إلى أفغانستان والهند وضع كتابه المعروف «الجبر والمقابلة» حوالى عام ٨٣٠م، والذى منه اشتق مصطلح الجبر. وفى هذا الكتاب أوضح كيف يمكن حل المعادلات من الدرجة الثانية وسائر المعادلات الأخرى المرتبطة بالمشكلات التى ذكرناها من قبل. أما الجبر فيتعلق بمعالجة المعادلات بحيث نستبعد منها العدد السالب. بينما المقابلة تمثل طريقة لتبسيط المعادلات عن طريق جمع أو طرح كميات متساوية من طرفى المعادلة. وقد استطاع الخوارزمى أن يعالج خمس فئات من معادلات الدرجة الثانية. وكان يطلق على الكمية المجهولة اسم «الجذر» إشارة إلى جذر النبات الذى عادة ما يكون مختفيا تحت الأرض واستخدم مصطلح القوة (الأسّ) ليصف به مربع الجذر.

ونحن إذا عرضنا لخلفاء الخوارزمى. فسنجد أن أشهرهم عمر الخيام الذى ولد فى نيسابور من بلاد فارس فى القرن الحادى عشر. ومات فى نفس المدينة التى شهدت مسقط رأسه، وكان ذلك عام ١١٢٣. ولعل أهم إسهاماته الرياضية هى وضعه للقواعد الرياضية التى تساعد على حل ثلاث فئات من معادلات الدرجة الثالثة، بالإضافة إلى فئة واحدة من معادلات الدرجة الرابعة. ويقال أيضا إنه استطاع أن يبرهن على القضية المشهورة القائلة بأن مكعب أى عدد صحيح لا يمكن التعبير عنه كمجموع لمكعبات أى عددين صحيحين آخرين. أضف إلى ذلك أن عمر

الخيام شاعر معروف عند القارئين بالإنجليزية، وذلك من خلال ترجمة إدوارد فيتزجيرالد.

أما بالنسبة لعلم الفلك، فقد كان عند الباحثين المسلمين وسيلة لتحديد المواقيت الدقيقة للمناسبات الدينية والأعياد، اكثر منه معرفة خالصة تسعى للكشف عن أسرار السماوات أو وصف كيفية دوران الكواكب فى أفلاكها. وهم فى ذلك كانوا أقرب للبابليين القدماء. وقد دفعهم اهتمامهم بالعلاقات العددية بين المشاهدات الفلكية لتطوير علم حساب المثلثات. واستطاعوا تصنيف جداول دقيقة عن جيب الزاوية وجيب تمامها، وظل الزاوية وظل تمامها، وكذلك قاطع الزاوية وقاطع تمامها. وإيجاد العلاقة بينها. ثم استفادوا من ذلك كله فى وضع حساب دقيق لمواقيت الصلاة. كذلك وضعت هذه المعارف الفلكية فى خدمة الملاحة البحرية. واستفاد منها الملاحون المسلمون فى ارتيادهم للمحيط الهندى وسجلوا ما عرف فيما بعد بـ «سحابة ماجلان النجمية»، والتى كان من الممكن مشاهدتها فى نصف الكرة الجنوبى.

والواقع أن اللغة العربية ذات البنية والخصائص المتميزة، كانت من العوامل المشجعة لنقد المسلمين لعلوم السابقين. فاللغة العربية هى لغة التفكير التحليلي. وقد أدى هذا النقد إلى تأسيس كثير من المفاهيم والتصورات الخاصة باللغة الفلسفية الدقيقة، والتى ساعدت بدورها على الوصف الدقيق للظواهر، فضلاً عن مساعدتها فى ظهور المنطق الرياضى الحديث عند ليبنتز وخلفائه بعد(١). ويمكننا القول بأن النقد التحليلى الذى قام به نصير الدين الطوسى لهندسة إقليدس، كان هو نقطة البداية الحقيقية لأول محاولة لبناء هندسة لا إقليدية عام ١٧٣٣ على يد ساكشيرى G.Saccheris (١٦٦٧-١٧٧٣).

(١) لم تكن العلوم المختلفة قد تميزت عن الفلسفة كموضوعات مستقلة لها مناهجها الخاصة. ولذلك كانت لغة الفلسفة هى لغة كل العلوم. وهو تقليد إغريقى قديم. (المترجم)

أما الرومان، فقد كانوا أهل قيادة أكثر منهم أصحاب علم أو تعلم. فلم يضيفوا إلا أقل القليل للعلم والفنون التطبيقية للسابقين عليهم. وعلى العكس من ذلك، فقد واصل المسلمون بكل قوة وحيوية وتواضع أيضا، إحياء وتطوير التراث العلمي القديم، ومن بين مآثرهم إصلاحهم لقناة كليوباترا في مصر، وتجديد نظم الري القديمة في الشرق الأوسط.

ومن مآثر المسلمين التي يذكرها لهم التاريخ والتي تركت أثرا باقيا في الفكر الإنساني حتى اليوم، ذلك التقدم العلمي وكذلك في الفنون التطبيقية الذي أنجزوه في اسبانيا (الأندلس). فقد جلبوا إلى قرطبة نسخاً من ترجماتهم للرياضيين والعلماء الإغريق، بالإضافة إلى ما أضافوه من نقد وإبداعات ذاتية. وجعلوا من قرطبة أعظم مركز ثقافي متطور في اوربا حينذاك. وعن طريق قرطبة وجنوب اسبانيا، أخذ المجتمع الإقطاعي الجديد في أوربا ينهل من ينابيع العلم الإغريقي. وكان ما استفادته أوربا من هذا المنفذ يفوق بما لا يقبل المقارنة كل ما أخذوه عن طريق الحروب الصليبية في الشرق الأوربي. وعلى رأس هذا التقدم وقف المدرسيون الإنجليز. فقد ذهب الراهب الإنجليزي إدلارد الباثي Adelhard of Bath إلى قرطبة حوالي عام ١١٢٠ متخفيا في شخصية طالب علم مسلم. ثم عاد بالترجمة اللاتينية لكتاب إقليدس «الأصول» الذي أفادت منه أوربا الاقطاعية كنص رياضي هام لمدة أربعة قرون. كذلك قدم إدلارد الهندسة التحليلية للخوارزمي. أما روبرت أوف شستر Robert of Chester الذي درس في طليطلة، فقد ترجم جبر الخوارزمي حوالي عام ١٢٤٥. أما آخر المترجمين ذوي الشهرة العريضة فهو الايطالي جيرارد الكريموني Gerard of Cremona (١١١٤ - ١١٨٧) الذي ترجم «المجسطي» لبطليموس، وأجزاء من أعمال أرشميدس وأرسطو، وكذلك أعمال كثير من العلماء المسلمين.

وقد أخذ المسلمون معهم إلى أسبانيا (الأندلس) الفنون الهندسية والزراعية التي تعلموها من الشرق الأوسط. وقاموا ببناء مشروعات هائلة للري. وأدخلوا زراعة قصب السكر والقطن إلى أوربا. ومن هذا

المصدر، تعلم الهولنديون مبادئ الهندسة الهيدوليكية. ومنه انطلقوا لتأسيس تقدمهم الخاص الذى تميز بشكل خاص بالنسبة للعلم الأوربى. ومن هذا المصدر أيضا اكتسب المستعمرون الأسبان لأمريكا معرفتهم باثنين من أهم المحاصيل هما قصب السكر والقطن. ذانك اللذان لعبا دوراً بالغ الأهمية فى التاريخ الأمريكى. وفى إطار الهندسة المتطورة للرى التى أنشأها المسلمون فى أسبانيا، فاقت إنتاجيتهم الزراعية كل التصورات، حتى تجاوز عائدها السنوى عوائد مثيلاتها فى جميع دول أوربا الإقطاعية.

ولاشك أن نبوغ المسلمين فى استيعاب أعمال الآخرين والتوسع فيها، هو السبب فى نقل الاختراعات الصينية الهامة إلى أوربا. فالعدة التى تجهز بها الخيول (كالسرج وخلافه) فى العالم القديم، كانت غير فعالة، نظرا لأنها كانت توضع حول رقبة الحيوان كالانشوطة. فإذا حاول أن يجر شيئا ثقيلا بشدة، فإنه بطريقة آلية يخنق نفسه. وهكذا كانت قوة الشد الفعلية عند الحصان أقل من الإنسان برغم أن قوته تفوق الإنسان. أضف إلى ذلك أن العمالة السهلة والرخيصة التى أتاحها نظام العبودية استبعدت أى حافز للابتكار أو التطوير فى علم الميكانيكا. من هذه الناحية، ابتكر الصينيون عدة للحصان أكثر فعالية منذ القرن الرابع. ثم ظهرت الصورة الحديثة منها فى القرن الحادى عشر. وعندما وصل هذا الابتكار أوربا الاقطاعية، ساعد على إيجاد شكل جديد وأسلوب جديد للفروسية. هذا الامتلاك للتقنية الحربية المتقدمة يفسر لنا السبب الذى جعل بضعة آلاف من النورمانديين يحرزون انتصارات مذهلة فى أوربا.

ومن المحتمل أن تكون بعض المخترعات الصينية الأخرى قد وصلت أوربا مثل البارود والبوصلة المغناطيسية والطباعة، وكذلك جهاز لتنظيم الحركة، يجعل من صناعة الساعات الدقيقة أمراً ممكنا(١). هذه

(١) أداة تتحرك فى اتجاه واحد بنسب متساوية كجهاز المسافات فى الآلة الكاتبة مثلا. (المترجم)

المخترعات أخذت سبيلها إلى وأوربا الإقطاعية من خلال القنوات الإسلامية بين آسيا أوربا. ونعنى بها طرق القوافل عبر الصحراء، والتى تفصل منطقة البحر المتوسط عن شرقى آسيا. وكذلك الطرق البحرية بحذاء السواحل الإفريقية والهندية.

ومن المرجح أن يكون الدارسون المسلمون قد أطلّعوا على محتويات الكتب الصينية فى الرياضيات والتى نشرت فى القرن الخامس الميلادى. وفى هذه الكتب، استخدمت المتواليات الحسابية والهندسية فى حل مشكلات تتعلق بصناعة النسيج. ومن بين المكتشفات الصينية الأخرى فى الرياضيات والتى وصلت المسلمين، طرق حل المعادلات من الدرجة الثانية والدرجة الثالثة، والتى نشرت عام ٦٢٥م. وأمكن للصينيين أن يتوصلوا لتقدير الثابت (ط) حوالى عام ٥٠٠م وبدرجة كبيرة من الدقة، ما بين ٣,١٤١١٥٩٢٧، ٣,١٤١٥٩٢٦[١]. وفى عام ١٢٤٧ ميّز الصينيون الأعداد السالبة باللون الأسود، أما الأعداد الموجبة فقد طبعوها باللون الأحمر.

وفى عام ٧٢٥، اخترع يى هسنج Yi Hsing جهاز الحركة المنتظمة. وهو جهاز على درجة كبيرة من الأهمية، حيث أسست عليه كل صناعة الساعات الدقيقة فيما بعد. ووصل هذا الاختراع أوربا فى القرن الثالث عشر.

وقد تعرف العلماء الصينيون على خصائص البوصلة المغناطيسية الطافية فوق الماء حوالى عام ٧٨٥م. وعرفوا أنها لا تشير إلى الشمال الصحيح. ثم استخدموها بعد ذلك فى مسح الأراضى. ويبدو أن اختراع البوصلة ارتبط ببعض الطقوس الخاصة بالسحرة الذين كانوا

(٢) التقدير الصحيح اليوم هو ٣,١٤١٥٩٢٧، ولعلنا نلاحظ أنه لا يوجد فارق بينهما تقريبا. (المترجم)

يستخدمون الملاعق الممغنطة بزعم أنها تخبر عن المستقبل. بمعنى أن الملاعق كانت تترك لتدور بسرعة فوق أسطح أطباق مصقولة. وتتم التكهنات بناء على الاتجاه الذى تستقر عنده. وهناك إشارة إلى هذه الملاعق الدوارة فى المراجع الصينية التى ترجع إلى القرن الأول الميلادى.

وقبل القرن الثانى الميلادى، ابتكر الصينيون آلة لتسجيل الزلازل. وهى ليست أكثر من إناء للزهور تحيط بإطاره الخارجى فجوات، تحتوى كل منها على كرة معدنية صغيرة. وعندما يحدث الزلزال، يهز الإناء. فتسقط الكرات على مستقبلات معدنية، بحيث تحدث رنينا معدنيا كرنين الجرس. ويمكن تحديد اتجاه الزلزال من معرفة موقع الكرات الساقطة، وأيها التى بقيت فى مكانها. ومع ذلك لم يستخدم العلماء الصينيون جهازهم هذا لتسجيل الزلازل لقياس شدة الهزات الأرضية. وقادهم خيالهم وتفكيرهم النظرى للاعتقاد بأنه لا حاجة بهم لقياس شدة الهزات الأرضية لأنها مسألة حظ أو مصادفة.

ويدل تسجيل علماء الفلك الصينيين للانفجار النجمى الأعظم الذى حدث عام ١٠٥٤ والذى لم تشر إليه أية وثيقة أوربية على الإطلاق، على دقة وكمال الملاحظات الفلكية الصينية، واهتمامهم بشكل عام بعلم الفلك. وينتمى هذا النجم المنفجر إلى سديم السرطان الهائل. وهو واحد من هذه الإسهامات العظيمة التى عرضناها، والتى شاركت فيها عديد من الشعوب، فلم يكن العلم الحديث قد ولد بعد.

أما بالنسبة للزراعة، فإن مهدها الأول كان منطقة الشرق الأوسط، حيث الطقس الدافئ والشمس المشرقة والتربة الخصبة الصالحة للزراعة. وكان من السهل زراعة الأرض، إذ يكفى حرثها بمحراث خشبى بدائى يقوم به عامل زراعى من العبيد الذين لا خبرة لهم. ومع ذلك، فقد

كانت الأرض تعطى محصولا كافيا. أما الأرض الطينية الرطبة فى أوربا، فلم يكن لتجدى معها هذه الطريقة البسيطة. بل كانت تتطلب اختراع محراث قوى من الحديد، يمكنه اختراق الأرض. وكذلك تتطلب مستوى مرتفع من العمالة الماهرة من غير العبيد. وسرعان ما انتشر المحراث الحديدى عبر كل البلدان الأوربية ذات الأرض الصالحة للزراعة. ومنها انتقل إلى أمريكا الشمالية خلال القرن التاسع عشر. وهكذا تزايد السكان فى أوربا، وكثرت الأموال فى أيديهم. وبنيت الكنائس، والكاتدرائيات، ولقى التعليم ما يستحقه من تشجيع. وظهر على مسرح العقل الأوربى عدد من كبار المفكرين أمثال ألبرت الأكبر وتوما الاكوينى وروجر بيكون. ذلك الأخير الذى طور اتجاها عقليا نقديا جديداً، وخلق روحا جديدة مولعة بالأفكار المجردة والتجارب العلمية، والسعى وراء المعرفة من مصادرها الإغريقية، والتى يمكن الحصول عليها من ترجمات الوسطاء المسلمين.

وعلى هذا النحو، وفى ظل نظام اجتماعى بدا همجيا متخلفا، إذا ما قورن بمدن ثقافية عريقة كقرطبة وبغداد، نشأ تقليد جديد للبناء يقوم على أكتاف العمال المهرة والحرفيين المتخصصين والفنانين المبدعين. وأصبحت أسماؤهم جزءاً من التاريخ مؤكدة أنهم لم يعودوا عبيدا مجهّلين. ومن هنا يمكننا القول إن العنصر الحيوى الذى أضيف إلى العلم القديم والذى أصبح العلم الحديث بمقتضاه ممكناً، هو التحرير الاجتماعى للحرفيين والفنانين خلال عصور الظلام والاقطاع. وهكذا، عندما يكتسب العمل اليدوى وضعا مستقلا ومحترما يصبح للعمليات التجريبية وزنها وأهميتها التى ينبغى أن تكون لها فى أى تصور متوازن للمعرفة العلمية، أى المعرفة التى تقوم على الارتباط بين النظرية (الفرض) والتجربة.

وأصبح الحرفيون، وربما لأول مرة فى العصور الوسطى من الشخصيات البارزة فى المدن الإيطالية ودولة الفلاندرز(١) وألمانيا. وكانوا هم النتاج الاجتماعى لتطور هذه المدن التى نشأت ونمت حول قلاع الإقطاع. واكتسب السكان الجدد الذين يعيشون خارج أسوار القلاع أو المدن Bourg اسم البرجوازيين وكانت لهم بطبيعة الحال اهتماماتهم المختلفة عن اهتمامات أصحاب القلاع. الأمر الذى يفسر الصراع بينهم وبين السادة من أجل مزيد من الحرية والاستقلالية. وفى نفس الوقت فإن اهتمامات ومصالح الحرفيين تختلف عما يهتم به التجار. واتجه الحرفيون لحماية أنفسهم بالأخذ بنظام النقابات. بينما اشترى التجار المناصب القيادية بأموالهم.

ويعتبر ليوناردو فيبوناسى L.Fibonnaci الذى ولد فى مدينة بيزا الإيطالية عام ١١٨٠م. واحداً من الأمثلة للعلماء الذين يعكسون هذه الروح التجارية الأوربية الجديدة. أما أبوه فكان يعمل بالجمارك على ساحل باربرى. أما ليوناردو الطفل، فقد تعلم الحساب واللغة العربية. وبعد عودته إلى بيزا عام ١٢٠٢، قام بوضع كثير من الملخصات المتطورة للرياضيات تمثل ما تعلمه خلال أسفاره العديدة. وعن طريقه عرفت التجارة الأوربية، وكذلك صور الحياة العلمية، الأعداد الهندية التى هى بمثابة قفزة هامة إلى الأمام. ولنا أن نتصور مقدار التسهيلات التى توفرها الرياضيات الهندية التى تقدم لنا تحليلا دقيقا لخصائص الأشياء المادية، والتى لا يستغنى عنها العلم الحديث فى تقدمه. وقد جمع ليوناردو بين الرياضيات الإغريقية والجبر الإسلامى، وكشف عن موهبة فريدة فى حل المسائل الرياضية. وفى عام ١٢٢٥، شارك فى حوار رياضى ساخن مع عدد من المتسابقين فى حل مسائل معينة داخل

(١) الفلاندرز دولة أوربية فى العصور الوسطى كانت تمتد بحذاء بحر الشمال من دوفر حتى نهر شلدت. وما يزال منها بقية حتى اليوم فى مقاطعات الفلاندرز الشرقية والغربية فى بلجيكا وفرنسا. (المترجم)

الإقطاعية التى يعيش فيها. وكان المطلوب من المتسابقين إيجاد العدد الذى إن زاد أو نقص مربعه بمقدار خمسة، يظل مع ذلك عدداً مربعا. واستطاع ليوناردو أن يقدم الإجابة الصحيحة وهى الكسر ٤١/١٢. ولكن ما لبث أن طلب من المتسابقين أن يحلوا معادلة من الدرجة الثالثة باستخدام الطرق الهندسية. فأثبت ليوناردو أن ذلك مستحيل. بيد أن ذلك لم يمنع من أن يقدم لها حلاً حسابيا صحيحا مقرباً إلى تسعة أرقام عشرية.

ويعتبر روجر بيكون Roger Bacon (١٢١٣-١٢٩٤) أبرز عالم انجليزى فى العصور الوسطى. فقد كان على معرفة كاملة بكثير من المجالات المتنوعة، ابتداء من معرفته بالبارود وتركيبه الكيميائى وكذلك الأنواع المختلفة من العدسات وقواها المتنوعة، وصور التوافق بينها على نحو يؤدى إلى تكوين الميكرسكوب أو التليسكوب. حتى معرفته على نحو سابق لعصره بالغواصات والسفن التى تسير بالمحركات الآلية، فضلا عن الكبارى المعلقة. ومن المؤكد انه اكتسب كل هذه المعارف من المصادر العربية. وكان شديد الاهتمام بالمنهج العلمى التجريبى. وله تأملاته فى خطواته ومبادئه المنطقية، على نحو سبق به المنهج التجريبى الحديث. ومع ذلك يقول بيكون إن الرجل الوحيد الذى يعرفه ويستحق الثناء لنبوغه فى العلم التجريبى هو بيتر بيرجرين P.Peregrine فى مدينة مارى كورت. فقد وضع بيتر بحثا فى المغناطيسية عام ١٢٦٩. وأكد صراحة على أهمية الجانب التجريبى أو الإجرائى من العلم. ودرس علم المغناطيسية دراسة تجريبية، واستطاع أن يصنع نموذجا جيدا للكرة الأرضية من الحجر المغناطيسى. وبحث فى اختلاف قوة الجاذبية المغناطيسية بالنسبة للنقاط المختلفة على سطح قطعة من الحديد الممغنط. ووجد نقطتين هما أشد من غيرهما قوة، هما قطبا المغناطيس. ولاشك أن أبحاث بيتر، والتى استمدت بواعثها ومادتها العلمية من

المصادر العربية، كانت هى المحرك الحقيقى للتقدم الأوربى فى صناعة البوصلة البحرية. وأمدت وليم جيلبرت W. Gilbert بالمعلومات الأساسية والمنهج الصحيح لكى يؤسس علم المغناطيسية والكهربية الحديث. فضلا عن ذلك، فقد درس الرهبان المدرسيون الآثار العلمية التى وصلت أوربا. وكانت لهم أبحاثهم على آراء أرسطو فى الحركة. ومالبثوا أن تجاوزوها إلى ما بعدها.

وفى عام ١٣٥٠، أنكر جون بيوريدان J.Buridan نظرية أرسطو فى الحركة، والتى تقرر أن سرعة الجسم تتناسب طرديا مع القوة المؤثرة عليه وعكسيا مع المقاومة التى يعانى منها. وذهب إلى أن هذه النظرية لا تتسق مع حقيقة واقعية هى أن الحجر لا يتوقف فجأة بعد أن يترك من يقذفه، وبرغم وجود مقاومة الجاذبية. وعلى العكس من ذلك، فإنه يرتفع فى الهواء بسبب القوة التى يكتسبها من يد الرامى. وتظل القوة المكتسبة من يد الرامى ملازمة للحجر فى صعوده إلى أعلى. واستخدم بيوريدان مفهوم قوة الدفع لتفسير عدد من الظواهر الطبيعية، مثل الارتداد المرن للكرات (كرات التنس مثلا) وذبذبة الأجراس والسقوط الحر للأجسام على الأرض ومع أن أبحاثه ظلت بعيدة على نحو ما عن مفاهيم علم الميكانيكا الحديث، ولكنه ساهم بالتأكيد فى تصحيح كثير من الأخطاء التى تجمد عليها العقل البشرى زهاء الألفين من السنين، والتى تتمثل فى مفاهيم الميكانيكا الأرسطية.

والواقع أن العامل الحاسم وراء تقدم علم الميكانيكا الحديث هو التوسع فى الزراعة وزيادة السكان والتوسع فى حركة البناء العمرانى فى أوربا ما بين القرنين العاشر والثانى عشر. وارتبط ذلك بازدياد الاستفادة من القوى الميكانيكية عن طريق تطوير عدة الخيول وأسراجها. وكذلك تطوير طواحين الهواء والطنابير والسواقى المائية. فقد كانت تلك هى الطريقة الوحيدة لمواجهه شدة الطلب على الطاقة الحركية فى غياب نظام العبودية القديم. ولا شك أن الحصان ذا السرج المريح والأكثر

فعالية، أقدر على جر المحراث الحديدى ذى السلاح المعقوف، والذى يجرى على عجلات لتقليب التربة الرطبة الثقيلة. ومع نهاية القرن العاشر، كانت الطواحين المائية بمختلف أنواعها قد انتشرت فى أرجاء القارة الأوربية. واستخدمها السادة الاقطاعيون بنجاح فى مزارعهم الواسعة. بل واحتكروا استخدامها حتى يعمقوا من سلطانهم ويزيدوا من قوتهم الاجتماعية عن طريق تملكهم لوسائل الإنتاج. ومن المؤكد أن طاحونة الماء مفيدة فى أشياء عديدة أكثر من مجرد رفع الماء فقط بل تفيد فى طحن الحبوب وسحق خامات المعادن، وكذلك أهميتها فى تجفيف مساحات شاسعة من أراضى المستنقعات لمقابلة الطلب المتزايد على الأرض الزراعية.

أما بالنسبة لطواحين الهواء، فقد أشار إليها هيرو السكندرى فى القرن الأول الميلادى. ومع ذلك، فالصينيون هم أول من صمموها واستخدموها بالفعل. ثم تطورت بعد ذلك على أيدى المسلمين المجددين، الذين أدخلوها أسبانيا فى القرن العاشر. ثم اعتمدت عليها أوربا المسيحية فى القرن الثانى عشر فى طحن الحبوب ورفع المياه من ينابيعها العميقة. وكانت الطاحونة الهوائية وراء خلق بلاد جديدة تماماً. فالجانب الأكبر من هولندا ظهر إلى الوجود بعد شفط المياه من المستنقعات الواسعة وضخها فى نهر الراين عن طريق مضخات تكتسب طاقتها من طواحين الهواء وللهولنديين عبارة مأثورة تقول: «إن الله خلق العالم، ولكن الهولنديين هم الذين خلقوا هولندا». وكانت الطريقة الهولندية فى استصلاح وتجفيف المستنقعات هى نفسها الطريقة التى استخدمتها انجلترا من أجل إضافة مساحات هائلة من مستنقعاتها إلى رقعتها الزراعية. وهكذا ساهمت الآليات المائية والهوائية فى توسيع نطاق المعرفة بالقوى الميكانيكية. ووجد هذا الجانب العملى تربة خصبة عند الحرفيين والمهنيين الذين اكتسبوا مكانة اجتماعية متميزة.

ونحن لو رجعنا إلى المجتمعات الإغريقية والرومانية وكذلك الإسلامية، سنجد أنها كانت تنطوى على طبقات حاكمة، أكثر قدرة وحكمة من مثيلاتها فى بدايات أوربا الإقطاعية. ففى المجتمع الإسلامى وجدت عائلات كرست نفسها للعناية بالآلات والأدوات الميكانيكية. ولكن لأن هذه الآلات لم تستخدم بشكل مؤثر فى الإنتاج الصناعى، فلم تكن هناك القوة الدافعة لتعميق مبادئها النظرية، طالما أن الاعتماد الأكبر كان مايزال مركزا على العمالة غير الحرة. غير أن أهم نتيجة ترتبت على التطور الكبير فى آلية الطحن هى اختراع المخرطة. وقد ظهرت لأول مرة فى جنوبى ألمانيا قبل عام ١٥٠٠ وفى نفس هذه الفترة استخدمت قوة الماء فى بناء أفران عالية تصل إلى درجات حرارة مرتفعة، بحيث أمكن سبك المعادن التى تحتاج لصهرها لحرارة كبيرة. ثم أمكن تطويع آلية الطحن لصناعة أول ساعة أوربية، مستفيدة فى ذلك بجهاز تنظيم السرعة الذى ابتكر لأول مرة فى الصين. وقد عرفت هذه الساعات المبكرة خلال القرن الثالث عشر. وفى نفس هذا القرن حلت آلات الغزل والنسيج محل العمل اليدوى فى غزل ونسج الصوف.

ولم يكن جهاز تنظيم السرعة الصينى هو وحده الذى عرف فى أوربا، بل انتشرت المعرفة بأعظم المخترعات الصينية من أول البارود حتى البوصلة المغاطيسية والطباعة. فقد توصل الصينيون للتركيبة الكيميائية للبارود قبل القرن العاشر الميلادى. واستطاعوا تصميم وتصنيع المدفع مع بداية القرن الرابع عشر. وكان تصنيع البارود من نترات الصوديوم والكبريت باعثا على نهضة الصناعة الكيميائية. وأدت صناعة المدفع بدورها إلى تطوير علم المعادن والهندسة الميكانيكية. ولم يبدأ التمييز بين المهندسين من ذوى الدراسة الأكاديمية والتنظير العقلى للمبادئ العامة وبين طائفة مقاولى العمارة ومنفذى المشروعات من الفنيين والحرفيين

والعمال المهرة قبل القرن الثالث عشر. وهى ملاحظة عبّر عنها بيوجويان فى قوله «إن الاهتمام المتزايد لعلوم الإستاتيكا والديناميكا والهيدرواستاتيكا[1] والمغناطيسية، كان مصاحبا لتعاظم الوضع الاجتماعى للحرفيين».

هذا التقدم الذى وصل إليه شمال أوربا لفت أنظار الدول البحرية أكثر فأكثر من البحر المتوسط حتى المحيط الأطلنطى. وبحلول القرن العاشر كان رجال الشمال قد أبحروا إلى أيسلندا ووصلوا بالفعل إلى أمريكا الشمالية فى محاولة للاستقرار. غير أنهم لم ينجحوا فى تحقيق استقرارهم لأن أساليبهم الفنية ووسائلهم فى الحياة لم تكن كافية لكى تضمن لهم الحياة هناك. أما البحارة المسلمون، فقد ساروا بحذاء الساحل الغربى لإفريقيا فى اتجاه الجنوب. وكان ذلك خلال القرن الثانى عشر. أما بالنسبة لعودتهم مرة أخرى، فقد كانوا يبحرون فى المحيط الأطلنطى من أجل الاستفادة من الرياح الجنوبية الغربية. ولكن هذه الرياح ذاتها هى التى حملتهم إلى أسبانيا. وكانت هذه الرحلات البحرية الإسلامية هى أساس الملاحة فى المحيطات. وفى القرن الثالث عشر، استخدمت البوصلة المغناطيسية، واستبدلت بالدفة اليدوية دفة مفصلة. الأمر الذى ساعد على إمكانية التعامل مع الظروف الصعبة للإبحار فى المحيطات. أضف إلى ذلك أن التوقف عن الاعتماد على العبيد فى التجديف، سيان عند الإسكندنافيين أو المسلمين، تطلب تعويضه تكنيكاً متطوراً فى بناء الصوارى وفى الأساليب الملاحية.

وقد حرص الحرفيون المهرة من أصحاب المكانة الاجتماعية المتميزة، على وصف هذا التكنيك الذى اخترعوه وبلغتهم. وقد اتخذ الوصف شكلا شفاهياً باللغة العامية فى بدايته. ثم تحول بعد ذلك إلى لغة صناعية فنية ودقيقة ومدونة. ونشأ نوع جديد من الكتابة الأدبية يختلف

(١) استاتيكا السوائل: وهو أحد فروع العلم يهتم باتزان وضغط السوائل. (المترجم)

فى توجهاته عن لغة العلم القديم باللاتينية والعربية، والإغريقية، بل حتى لو كانت الموضوعات التى عالجتها اللغة الجديدة مماثلة لما كان موجودا فى العلم الإغريقى، فإن توجهاتهما العقلية كانت مختلفة تماما، حتى أنه كان من الصعب التقريب بينهما.

واتجه الحرفيون المستقلون الجدد نحو تحليل المبادئ التى تقوم عليها فنونهم الحرفية الجديدة. وكانوا أسلافا لليوناردو دافنشى، الذى كان يعرف القليل من اللاتينية ويجهل اللغة الإغريقية تماما. ولم يعرف قط طريقه إلى الجامعة. ومع ذلك قام بتحليل مبادئ الرسم والهندسة الميكانيكية بطريقة علمية دقيقة، ومن خلال تصوراته وتحليلاته العلمية للعمليات الفنية المختلفة، اكتشف كثيرا من الثغرات التى دفعته إلى تلمس مصادر جديدة للمعرفة، وجدها فى أعمال أرشميدس، والتى ساعدته على تطوير أبحاثه التى كان قد بدأها بالفعل. وأصبح ليوناردو دافنشى أعظم مثال على الصانع الماهر المتحرر الذى خلق مزجه بين العمل اليدوى والتأمل الذهنى، سيان فى الهندسة الميكانيكية أو العلم النظرى أو هندسة العمارة أو الرسم، مكانة خاصة متميزة تنافس الفلسفة العقلية لأفلاطون وأرسطو. وهكذا كما يقول بيوجويان، فإن عصر النهضة الذى انبثق عنه العلم الحديث «بالرغم من عدم اعترافه بأى سيادة سوى تلك الخاصة بكلاسيكيات العصر القديم، فإنه يعتبر الابن العاق للعصور الوسطى».

* * *

الفصل السادس

ميلاد العلم الحديث وارتقاؤه

ألقيت أسس العلم الحديث بفضل مجتمع المدينة الذى نشأ إبان عصر النهضة، وتطور بادئ ذى بدء فى مدن إيطاليا. وقد خضعت الحياة فى تلك المدن لهيمنة متفاقمة من الصيارفة والتجار ورجال الحرف، الذين أدخلوا التحسينات على مختلف تقنياتهم. وكان تزايد الثروة ذا آثار شتى، من ضمنها أثران لهما أهمية عظمى. ذلك أن أرباح التجارة والتصنيع جعلت الناس أكثر انكباباً على تحسين العمليات الفنية الأساسية لهم، والثروة المتنامية أتاحت مزيداً من الفراغ للتأمل فى سائر العمليات، الطبيعية والاصطناعية.

وقد تباينت محصلة الرخاء الاقتصادى فى المدن الإيطالية عن محصلته فى مدن العالم القديم، وهذا بسبب الفوارق بين مختلف الطبقات الاجتماعية. ولم تنظر مدن عصر النهضة إلى العلم القديم نفس نظرة مبتدعيه الأصليين. فلئن كانت حياتهم الجديدة أورثتهم اهتماماً مكثفاً بالمعرفة البائدة، فإن اتجاههم نحوها لم يكن نفس اتجاههم نحو المعرفة الجديدة التى كانوا هم أنفسهم مبتدعوها.

فى البداية انصرف اهتمامهم إلى الآثار والآداب. فنقبوا عن الأطلال الإغريقية والرومانية، وكشفوا عن تماثيل وأوان للزهور. تعلموا اللغة الإغريقية، وبحثوا عن المخطوطات الإغريقية. وأصبح الأثرياء من أهل المدن

جامعين، يهمهم امتلاك المخطوطات القديمة النادرة، أكثر من أن يهمهم مضمونها. وقاموا باستخدام الدارسين وأمناء المكتبات للعناية بمجموعاتهم وترجمة المخطوطات. فهؤلاء الرعاة الأثرياء، الذين عاشوا حياتهم الخاصة الدافقة، قد شغفوا شغفاً بالغاً بنوعية الحياة التى مورست في الماضى الإغريقى والرومانى، وأول ما تمت ترجمته عن الإغريقية هى الأعمال الفلسفية والأدبية، والتى ألقت الضوء على كيفية تفكير وسلوك السادة الأماجد فى العصور الإغريقية.

وقام الأقطاب الإيطاليون بمحاكاة العوائد الاجتماعية والأذواق الأدبية للإغريق القدامى، بيد أنهم أعطوها محتوى جديداً، لأن منظورهم الخاص وأفكارهم الاجتماعية اختلفت عن منظور وأفكار الإغريق. لقد أنشأوا دوائر للنقاش على غرار أسلوب المحاورات الإفلاطونية، وقاموا بأداء نوع من التمثيليات التحريزية الثقافية. وعلى أية حال، يتحجب تميزهم الجوهرى وراء التماثلات السطحية بين الفن والعمارة والأدب فى عصر النهضة الإيطالى وبينها فى بلاد الإغريق القديمة. فمن خلف المجتمعين المتحضرين فى كل من العصرين كان ثمة بنيتان اجتماعيتان مختلفتان، وعن هذا الاختلاف نشأ التاريخان المختلفان للعلم فى بلاد الإغريق القديمة والعلم فى عصر النهضة.

وحينما جمع رعاة التعليم القديم سائر الأعمال الفلسفية والأدبية التى استطاعوا العثور عليها، فى كلا الأصول الإغريقية والعربية، وحصلوا عليها مترجمة إلى اللاتينية أو الإيطالية، فإنهم انطلقوا إلى الأدبيات الأثقل وزناً فى الرياضيات والعلوم. وفى مبدأ الأمر اهتموا بمؤلفات العلم الإغريقى أساساً من حيث هى كنوز مذخورة لمن يقوم بجمعها، وفيما بعد اهتموا بمضمونها. ووجدوا أن لها ثقلها على أنشطتهم الخاصة بوصفهم بناة وملاحين وتجاراً. فشرعوا فى تأييد دراسة العلم القديم، ليروا ما إذا كان يمكنه تزويدهم بمعلومات يستطيعون بواسطتها تنمية ثرواتهم.

ومثلت تجارة السواحل المتزايدة عاملاً هاما فى ازدهار المدن الإيطالية ورخائها. وكان يتم تصدير المصنوعات الإيطالية، كالمنسوجات الراقية والزجاج، من جنوة والبندقية. وأصبح سكان الموانئ الإيطالية معنيين بالملاحة وبناء السفن. وولد كريستوفر كولومبوس فى جنوة عام ١٤٤٦، ودرس جاليليو أنشطة بناة السفن فى البندقية.

وجرت مبادلات البضائع بين أوربا وآسيا، أساساً من خلال إيطاليا فاستلزمت عملياتها النقود القائمة على مبادلات الذهب والفضة. وتبعاً لهذا، كان ثمة تدفق دائم للذهب إلى قلب أوربا، وتصدير متنام للفضة الإيطالية إلى الشرق. أما أمراء إيطاليا الجدد من التجار، الذين حكموا المدن وخضع الريف لسلطانهم، فقد زودهم هذا بالوسيلة التى مكنتهم من رعاية الشعراء والفنانين، ومن أن يتصرفوا بالطريقة التى افترضوا أن آلهة الأغريق وأبطالهم كانوا يتصرفون بها.

وأعطى تصدير الفضة حافزاً كبيراً لتطوير استخراج المعادن فى أوربا. وجرى حفر المناجم الغنية بالفضة فى بوهيميا إلى مستويات أعمق، مما أثار مشاكل عسيرة متعلقة بالفيضان والتهوية. وهذه بدورها جعلت المهندسين يحسنون المضخات، ويدرسون كيفية عملها. وأغراهم هذا بدراسة خواص الموائع المتحركة، الماء والهواء على السواء.

إن اكتشاف معرفة جديدة واستخراج ذخائر المعرفة القديمة قد حفزا من عمليات التعليم. ولم يعد ثمة رجل مهذب يشعر أنه مهيأ للحياة فى المجتمع الجديد بغير اتصال ما بالتعليم الجديد. فتوسعت الجامعات الإيطالية لتواجه هذا الاحتياج، وفضلاً عن الإيطاليين اندفعت أفواج الرجال ذوى المواهب من أوربا بأسرها إلى المراكز الناشطة للمعرفة الجديدة. والعديد الجم من أنبغ الطلاب أتوا من قلب تخوم البلدان الأخرى فى أوربا، أتى «كوبر نيقوس» من الساحل البلطيقى لبولندا، وأتى

فيساليوس من بلجيكا وهارفى من انجلترا، ليلحقوا بانطلاقة الدراسة والبحث.

وكان كوبرنيقوس هو العالم الذى قام بالانفلاق الأكبر عن الماضى، وأسدى أكثر مما أسداه أى فرد آخر فى التبشير بمجئ عصر العلم الحديث. وقد ولد عام ١٤٧٣ فى تورن Torun على نهر فيستلا Vistula، قرب الساحل البلطيقى. كان أبوه تاجر نحاس وصرافاً. وحينما كان كوبرنيقوس فى العاشرة من عمره توفى الأب، فتكفل بتربيته عمه لوقا واتزلرود Lucas Watzelrade، الذى أصبح أسقف فيرميا، وكانت فيرميا آنذاك تضم قطاعاً كبيراً من بروسيا، والأسقف فى واقع الأمر حاكماً للبلاد. كان العم رجل دين وسياسياً مقتدراً، وظل لفترة طويلة يحظى فى التاريخ البولندى بشهرة أوسع من شهرة ابن أخيه. وقد درس فى كاركاو وبولونيا، وعقد العزم على أن يحظى ابن أخيه بأفضليات مماثلة. وقبل أن يتخرج كوبرنيقوس فى الجامعة، كفل له وهو فى الرابعة والعشرين من عمره، التعيين ككاهن ذى مهام وواجبات إدارية بكاتدرائية فى فراونبورج، وخوّل هذا لكوبرنيقوس دخلاً طوال الحياة. ثم أرسله عمه إلى جامعة كاركاو عام ١٤٩٢، العام الذى اكتشف فيه كولومبوس أمريكا.

شرع كوبرنيقوس فى دراسته مع بدايات اهتياج تمخض عنه أعظم كشوف العصر: العالم الجديد. إن اكتشاف أمريكا وماتلاه من إبحار حول العالم حوّل فكرة كروية الأرض من استنباط عقلى إلى واقع عينى. وجعل هذا من الأيسر أن نفكر فى الأرض كموضوع منفرد، منفصل عن السموات والنجوم الثابتة. وكانت كراكاو آنذاك هى الجامعة الرائدة فى أوربا الشمالية. وفيها تعلم كوبرنيقوس الرياضيات على يد بردزفسكى Brudzwski، الذى أعد كتاب بورباخ Purbach وريجيومونتانوس Regio-montanus للنشر، وهما أعظم الرياضيين، والفلكيين فى أخريات

العصور الوسطى[1]. ولما كانت اللغة الإغريقية تُدَّرس فى الجامعة تمكن كوبرنيقوس من دراسة كل من الرياضيات واللغة الإغريقية.

وبعد كراكاو ذهب كوبرنيقوس إلى بولونيا، فى ظاهر الأمر من أجل إجادة معرفته بالقانون. فبلغها عام ١٤٩٦. وقضى عشرة أعوام فى إيطاليا منغمساً فى حياتها الثقافية والعلمية، إبان الحقبة التى شهدت تألق سيزر بورجيا وسافونا رولا وليوناردو دافنشى ومايكلانجلو وميكيافيللى. وكان فى بولونيا الآلاف من طلاب العلم. وأنفقت المدينة نصف دخلها على جامعتها. وكان يتم اجتذاب الأساتذة المبرزين بالرواتب العالية والمنازل المرفهة. وعادة ما يمكث الأثرياء فى المدينة لسنوات، يتابعون تطور الفنون والتدريس والعلم كشكل من أشكال التميز الاجتماعى. وأمضى كوبرنيقوس أربعة أعوام فى بولونيا، متكرساً للرياضيات والفلك أكثر منه للقانون. وأصبح واحداً من أوائل الدارسين البولنديين الذين امتلكوا ناصية اللغة الإغريقية. ومن شأن هذا الكشف عن أهمية محورية فى أبحاثه الفلكية، من حيث أنه كان قادراً على قراءة أعمال الفلكيين الإغريق القدامى فى أصولها، وليس فى ترجمات خاطئة.

(١) بورباخ وريجيومونتانوس لهما أهمية كبيرة فى فهم تاريخ العلم وصيرورة مساره ليس هذا فقط لأنهما أهم فلكيين رياضيينَ فى المرحلة السابقة على كوبرنيقوس، بل لأنهما أيضا يمثلان ذروة وخاتمة علم الفلك الوسيط. وفى عام ١٤٧٢ صدر كتاب بورباخ (التأملات الجديدة فى الكواكب) عن دار نشر فى نورمبرج تابعة لريجيومونتانوس، وأعده بردزفسكى للنشر. ويعد هذا الكتاب أقوى بلوَرة لتغلغل الفلك البطلمى فى الفكر القديم، وكما هو معروف وضع بطليموس نظريته الفلكية القائمة على مركزية الأرض الثابتة ودوران الأجرام السماوية المعروفة آنذاك حولها فى كتابه: (ميجالى سايتناكس) أى (التركيب العظيم) والذى اشتهر بنطق المترجمين العرب له: (المجسطى). وحتى القرن التالى على صدور كتاب بورباخ ـ أى القرن السادس عشر الذى شهد كتاب كوبرنيقوس، ظلت طبعات المجسطى تتوالى، ويتم تداولها فى جامعات إيطاليا. ونشرت البندقية عام ١٥١٥ ترجمة لاتينية له، وظهر بلغته الأصلية فى بازل عام ١٥٣٨.

(راجع: فوريس وديكسترهوز، تاريخ العلم والتكنولوجيا، ط١، ترجمة، د.أسامة الخولى، مؤسسة سجل العرب، القاهرة، ١٩٦٧. ص١٨٥ ومابعدها). (المترجم).

كان معلم كوبرنيقوس في بولونيا هو ماريادى نوفارا MARIA DI NOVRA تلميذ ريجيومونتانوس. فكان ثمة اتصال مباشر بين كوبرنيقوس وبين طليعة المتقدمين علمياً من أسلافه في حاضر زمانه. فقد كان ريجيومونتانوس عبقرية ألمانية كشفت عن نضج مبكر، حتى أصبح منجماً للامبراطور فردريك الثالث وهو في سن الخامسة عشر، وبرفقة معلمه بورباخ وضع ملخصاً لكتاب بطليموس (المجسطى Alm-agest) جرى فيه استخدام الدوال المثلثية استخداماً موسعاً. وقد استقر ريجيومونتانوس في نورمبرج، كانت حينئذ مركز النهضة في ألمانيا، وهنالك ازدهر الفن والميكانيكا، وخصوصاً صنع الساعات والأدوات العلمية، وبرز في هذا المجال بهيم Behaim ، الذى صنع أدوات ملاحية استخدمها كولومبوس وفاسكوداجاما. وتم بناء مرصد من أجل ريجيومونتانوس، وفيه قام بتحسين مناهج الرصد الفلكي، خصوصاً عن طريق الاهتمام الأكثر نسقية بتصويب الأخطاء، ووضع تعيينات أدق لأوقات الرصد، وقاس موضع الكواكب بالاستناد إلى موضع نجوم ثابتة، وقام بتبسيط الحسابات الفلكية عن طريق الاستخدام الأكثر توسعاً لحساب المثلثات. لقد كان ريجيومونتانوس المثال الختامي لواحد من أنماط الرجال الذين سبقوا على التو ظهور باكورة العلماء المحدثين، وعلى الرغم من أن علم التنجيم والسحر عنده قد ساهما بالقطاع الأعظم من صيته، فإن لهما دوراً ثانويا في أعماله، لقد بلغ الفلك مرحلة أمكن فيها تخليصه من علم التنجيم والسحر بسهولة أكثر.

وسار تلميذه نوفارا بالتطور الذى أحرزه إلى ما هو أبعد. إذ بينما كان نوفارا يتكسب عيشه عن طريق التنجيم، قام بتطبيق المناهج المعدلة للرصد في التحقق من مواضع كل النجوم التى سجلها بطليموس وتأدى به هذا إلى اكتشاف أن هيئة السموات قد تغيرت منذ العصور الموغلة في القدم، وهى نتيجة قام نيوتن فيما بعد بتفسيرها على أنها راجعة إلى تذبذب محور الأرض، الناشئ عن

الخصائص الجيروسكوبية[1] للأرض التى تدور. وكان نوفارا أفلاطونيا وفيثاغورياً، يعتقد أن تفسير الظواهر لابد وأن يوجد فى العلاقات العددية.

أصبح كوبرنيقوس واحداً من معاونى نوفارا. وقاما برصد هام لكسوف نجم الدبران (الثور Aldebaran) بواسطة القمر. وقد استخدمه كوبرنيقوس فيما بعد لإثبات نظريته فى حركة القمر.

وفى روما قضى كوبرنيقوس عام ١٥٠٠، عام اليوبيل أو فترة الغفران للمسيحية[2] ووفد آلاف الحجاج من كل فج عميق، ورأى المدينة تعج بحشود من الرجال والنساء المشدوهين.

وفى عام ١٥٠١ آب إلى فراونبورج بغير الحصول على شهادة فى القانون وأجيزت له ممارسة الطب، كى يجعل نفسه ذا فائدة لمواطنى المقاطعة، وأخذت دراساته الفلكية على أنها تعليم تمهيدى من أجل الطب. وقد تأتى هذا عن مذهب العالم الأصغر (الميكروكوزم Microcosm) والعالم الأكبر (الماكروكوزم Macrocosm)، وتبعاً له تكون الأحداث فى العالم الأصغر، أى الجسم الإنسانى، مناظرة للأحداث فى العالم الأكبر، أى السموات. وعلى هذا تلقى المعرفة بالسموات ضوءاً على ما يحدث فى الجسم الإنسانى، وافترضوا أنها ترشد لأسباب الصحة والمرض. وتبنى كوبرنيقوس، بوصفه طبيباً، مناهج عتيقة الطراز. فقد اعتقد فى فاعلية الأقراص المركبة، التى افترضوا أنها دواء يشفى كل الأدواء.

وآنذاك شد كوبرنيقوس الرحال مجدداً إلى إيطاليا مستأنفاً المسير إلى بادوا من أجل متابعة دراسة الطب فى مدرستها الطبية الذائعة

(١) أى خصائص حفظ التوازن. (المترجم)

(٢) عام اليوبيل أو فترة الغفران Jibilee فترة يحددها البابا كل ٢٥ سنة عادة، يمنح فيها الغفران لكل كاثوليكى يؤدى أعمالاً دينية معينة (عن قاموس المورد ص٤٩٤)، وتكتسب أهمية خاصة عند اكتمال القرن وأهمية أكثر خصوصية عند اكتمال خمسة أو عشرة. (المترجم)

الصيت. وواصل رحلته إلى فيرارا Ferrara، ضامناً شهادة فى القانون من رئيس الأساقفة الذى كان ينتسب إلى عائلة بورجيا. وحين العودة إلى موطنه بعد عشر سنوات من الدراسة قضاها فى إيطاليا، وقد بلغ حينئذ الثالثة والثلاثين من عمره، كان مؤهلاً فى القانون والطب والرياضيات والفلك، وأيضا أصبح قديراً على رسم لوحات تصور الوجوه والأشخاص. وأجازت فراونبورج لكوبرنيقوس أن يصبح سكرتيراً خاصاً لعمه، وكان يعيش فى قصر يبعد عشرة أميال عن الكاتدرائية. وعامله رجل الكنيسة السياسى كابن له، وفيما يبدو قرر أنه لابد وأن يكون خليفته.

وحظى كوبرنيقوس بقدر كبير من الحرية لمواصلة دراساته الفلكية. وأجرى رصودات لسنوات عديدة، وشيئاً فشيئاً تراكمت معها المعطيات اللازمة لتأييد أفكاره الجديدة. لم يكن راصداً دقيقاً معنياً بالتفاصيل، لكنه استطاع أن يصطنع رصودات قوية بما يكفى لفصل القول بين النظريات المختلفة. وبينما هو لايزال إلى حد ما فى طور الشباب، أصبح صيته كفلكى صيتاً عالمياً. وحينما كان فى الواحد والأربعين من عمره عام ١٥١٤، استدعته روما ليسدى المشورة فى المناقشات الدائرة حول إصلاح التقويم، وهذه مسألة ذات أهمية عظمى من أجل تحديد تواريخ الأحداث الكنسية ومن أجل الزراعة والشئون العملية للحياة.

على أية حال، لم يكن أول ما نشره كوبرنيقوس فى العلم. فمن حيث هو نموذج مثالى لذى النزعة الإنسانية المنتمى لعصر النهضة، قام بترجمة لاتينية لأديب أغريقى هو ثيوفيلاكتوس سيموكتًا Theophylactus Simocatta. وقد نشر الكتاب عام ١٥٠٩، مصحوباً بمقدمة كتبها واحد من معلمى كوبرنيقوس السابقين، وهذه المقدمة تحوى أول إشارات منشورة لأفكار كوبرنيقوس الجديدة فى الفلك.

وكان فى حوزة فراونبورج ثلث أبرشية فيرميا، ومن ثم كانت المسائل الإدارية للكاتدرائية ذات اعتبار. وقد انشغل كوبرنيقوس فى هذه الإدارة.

وتم تعيينه حاكماً لقلعة الينشتين Allenstein، ووجب عليه أن يدافع عنها ضد حصار قام به الفرسان التيوتون Teutonic، وأنجز هذا بنجاح. وقد اعتنى عناية حميمة برخاء القرويين فى فراونبورج. أدى به هذا إلى دراسة أسباب التضخم المالى الناشئ عن تدفق الذهب الأمريكى الذى جلبه الأسبان إلى أوربا. ولاحظ كوبرنيقوس، تابعاً فى هذا لأريستوفانيس وسابقاً لجريشام، لاحظ أن النقود الزائفة تطرد النقود الحقيقية. وتمسك بأن النقود الزائفة تحطم روح المبادرة وتشجع البلادة وترفع تكاليف المعيشة، ونظر إلى التضخم، بمعية التنافر الاجتماعى والمرض والترية المجدبة على أنها الأسباب الرئيسية لانهيار الأمم. ونصح بوجوب تأسيس دار واحدة لسك العملة لبروسيا بأسرها.

قلة من العلماء عبر التاريخ نعمت بما نعم به كوبرنيقوس من تعليم واسع النطاق وخبرة إدارية. لقد كان الضد الصريح للدارس الصحائفى الذى يكتسب كل معرفته من صفحات الكتب فحسب. وضربت أفكاره بجذورها فى أخصب ترية لمجتمع النهضة الجديد.

وبدأ عام ١٥٣٦ فى وضع تخطيطات لتقرير عن أفكاره الفلكية الجديدة، وثمة عاملان حاسمان فى إنجازه وهما معرفته باللغة الإغريقية وتمثله العميق لحياة عصر النهضة الجديدة.

أما تصوره الأكثر واقعية عن كون يسير كآلة ميكانيكية فقد استند على تنامى التبصر الميكانيكى الذى تلى تزايد استخدام الآلات فى الانتاج الصناعى، وضمّن العرض الكامل لنظرياته الجديدة فى كتابه العظيم «حول دورانات الكرات السماوية» Concerning The Revolutions of The Heavenly Spheres، المنشور عام ١٥٤٣، حينما كان طريح فراش الموت. لقد واصل طريقه بالثقة المتناسبة مع رجل ذى خبرة، يحمل روح العصر الجديد. فلم يتعجل النشر، وقدم أهم أعماله وهو فى عامه الحادى والسبعين، فى خواتيم حياة ناشطة.

وقد أورثته دراساته للفلكيين الأغريق احتراماً عميقاً لإنجازهم. وفى نفس الوقت كان رجلاً من مجتمع عصر النهضة، احترم الإنجازات الجديدة بقدر ما احترم إنجازات الماضى. واكتسب الثقة بالنفس المستمدة من النظام الاجتماعى الجديد الذى انتمى إليه. وساعده هذا على أن يدرك الفوارق بين رصودات الأغريق الموقرة وبين الرصودات المعاصرة التى تستحق نفس القدر من الإعجاب، وتمسك بأن المعرفة الفلكية الجديدة، التى تراكمت فى الألف عام الأخيرة التالية لختام جهود الإغريق، استحقت نفس القدر من الاحترام، ولاشك أنها بجملتها ليست على تمام الاتساق مع بطليموس «الذى وصل بهذا العلم تقريباً إلى الكمال». لقد بات من المطلوب مبدأ جديد لرأب الصدع بين الرصودات القديمة والرصودات الجديدة.

ولعل كوبرنيقوس سمع من معلميه عن النظرية الإغريقية القائلة إن الأرض تدور حول الشمس، وأجرى بحثاً فى الأدبيات القديمة ليرى ما قيل بشأن أمثال تلك الأفكار، وجد إشارات لها فى أعمال شيشرون وبلوتارخ وهيراقليطس وإيكفانتوس. إذ تمسك فيولاوس والفيثاغوريون بأن الأرض «تتحرك حول عنصر النار فى دائرة غير مستوية» بينما نسب هيرواقليطس وايكفانتوس حركة للأرض «على غرار العجلة المحمولة على محورها». على هذا النحو نوقشت فكرة دورة الأرض حول الشمس وفكرة دورانها على محورها، ومن هذه المقترحات[1] «شرح كوبرنيقوس يتأمل فى حركية الأرض». و«بتفاصيل أدق وعن طريق رصد أكثر وأطول وجد» أنه «إذ أضيفت حركات الكواكب الأخرى إلى دوران الأرض وأجريت

(١) دوران الأرض حول الشمس هو تصور قدماء المصريين، ومنهم انتشر فى الحضارات القديمة المجاورة، فأخذ به الفيثاغوريون والطبيعيون القبل سقراطيون، ودّرسه إفلاطون فى الأكاديمية أما الأغريق فهم مبتدعو مركزية الأرض، وزادوها عقماً بافتراض أن النجوم البعيدة مثبتة فى كرات أو أفلاك صلبة. ونظراً لأن الأفلاطونية المحدثة قد سادت ثقافة عصر النهضة التى نشأ كبرنيقوس فى أعطافها، فمن المهم=

الحسابات من جهة دورة الأرض، فإن هذا لن ينتج عنه ظواهر الكواكب الأخرى فحسب، بل أيضاً يربط نظام وحجم الكواكب أجمعها والكرات والسماء ذاتها معاً، بحيث إنه لا يمكن أن يتبدل شئ واحد فى جزء منفرد بغير ارتباك بين الأجزاء الأخرى فى الكون».

وأهدى كوبرنيقوس بحثه إلى البابا بول الثالث، الذى استأنف أمر محكمة التفتيش. على أن التساؤل بشأن هرطقة نظريته لم يثر بجدية لما يقرب من خمسين عاماً لاحقة. وفى البداية كانت معارضة البروتستانتيين لهذا أحدً وأعنف كثيراً. إذ أشار لوثر إلى كوبرنيقوس بوصفه «منجماً جديداً أراد إثبات أن الأرض تتحرك وتدور... هذا هو حال العصور التى نحيا فيها: فمن يريد أن يبدو حذقاً لابد أن يبتدع شيئاً ما خاصاً به تماماً وبصورة يعتقد أن ما يؤلفه هو أفضل شئ طراً! إنها الرغبات الحمقاء لقلب الفلك بأسره رأساً على عقب».

وعلى الرغم من هذا، فإن أول حماية لكوبرنيقوس أتت من فيتنبرج Wittenberg موطن لوثر. إذ أن أستاذ الرياضيات الألمانى ريتيكوس Rhet-icus ذا الخمسة وعشرين ربيعاً، قطع رحلة إلى فراونبورج كى يتعلم

= الإشارة إلى أن دوران الأرض حول الشمس وردت أيضاً فى الكتاب السادس من جمهورية إفلاطون. حيث تجد الشمس تلعب فى مجال رؤية الأرض للأشياء نفس الدور الذى تعلبه فكرة الخير فى مجال الأفكار، وفكرة الحق فى أعلى الترتيب الهيرارشى للأشياء المرئية. وكان لهذه الفكرة أهمية بارزة، ضمن أفكار كثيرة أقيمت عليها الافلاطونية ـ المحدثة، لاسيما الإفلاطونية المحدثة المسيحية.

وإذا كان للشمس فخر المكان، وكانت مميزة بمنزلتها القدسية فى هيرارشية المرئية، فحينئذ يصعب اعتبارها تدور حول الأرض والمكان الوحيد الملائم لهذا النجم العظيم هو مركز الكون، وعلى هذا تدنو الأرض من وضع الدوران حول الشمس.

راجع: جمهورية إفلاطون، ترجمة حنا خباز، المطبعة العصرية، القاهرة ١٩٤٨، ص١٦٧: ١٧٠ وقارن:

Kerl popper, Conjectures And Refutations: The Growth of Scientific knowledge, Routledge, & Kegan Paul, Lononm 1976 P. 149.

(المترجمة)

أفكاره. وابتهج كوبرنيقوس، وكان آنذاك فى السادسة والستين من عمره، بهذا الشاب النابه، الذى كرس عشرة أسابيع متقدة النشاط لكى يتملك ناصية النظرية الجديدة. وكتب ريتيكوس ملخصاً لها فى كتابه «التقرير الأول Fitst Account»، فأصبح أول عرض منشور لأفكار كوبرنيقوس. لقد عقد مقارنة بين أفكار كوبرنيقوس وبطليموس، لأن السابق كاللاحق، أعاد بناء الفلك فى عصره.

وثارت ثائرة الفيلسوف البروتستانتى ملانشتون Melanchton بكتاب (التقرير الأول) حتى أنه كتب يقول «ينبغى على ولاة الأمور ذوى الحكمة ترويض عقول الرجال الجامحة».

وألح ريتيكوس على كوبرنيقوس أن يكمل مخطوطته لكتاب «دوران الكرات السماوية»، وكان كوبرنيقوس منشغلاً فيه بالفعل لما يربو على ثلاثين عاماً. وهذا الكتاب يتكون من الإقرار مجدداً بمحتويات كتاب بطليموس (المجسطى) على أساس المبدأ القائل إن الأرض تدو حول الشمس. فقد افترض كوبرنيقوس مثله مثل بطليموس أن الأجرام السماوية تتحرك فى دوائر كاملة، وفسر الشذوذات فى حركات الكواكب بافتراض مناظر مؤداه أن الشمس ليست تماماً فى مركز المدار الدائرى للكواكب بل إنها خارج المركز خروجاً طفيفاً ومع ذلك، فقد بيّن عن طريق وضع الشمس فى المركز، أن الحركات الدائرية الثمانين التى وضعها بطليموس لتفسير الحركات السماوية أمكن ردها إلى أربع وثلاثين حركة دائرية.

وكانت رصوداته أقل دقة بمقدار اثنتين وعشرين مرة من رصودات خلفه تيكو براهه وارتكب هنات كثيرة فى حساباته، وتركت بساطة نظامه وحساباته المناظرة انطباعاً على المفكرين المتعمقين، ولكن الرجال ذوى المنزع العملى توانوا عن الأخذ بهذا النظام، لأنهم تمرسوا على النظام البطلمى. وجعلتهم الخبرة الطويلة على ألف بهذا النظام البطلمى، ولم

يكن نظام كوبرنيقوس فى مبدأ الأمر مكتملاً بما يكفى لإكسابه أفضلية عملية حاسمة.

لقد تضمن قبول النظام الكوبرنيقى إعادة ترتيب جذرية لتصور الإنسان عن الكون. فوفقا للنظرية القديمة، كانت الكواكب والنجوم تدور حول الأرض الثابتة ولا تبعد كثيراً عنها. وكان الإنسان فى مركز الكون، وأهم كائن فيه فوجب التخلى عن هذه العقيدة.

واستلزمت فكرة الأرض المتحركة ضرورة أن يكون الكون متسعاً اتساعاً هائلاً، لكى يعطى حيزاً كافياً لأن تتحرك الأرض فيه. وأدرك كوبرنيقوس تضمنات سعة الفضاء، وأشار إلى أن النجوم لابد وأن تكون قصيّة جداً، إذا لا يظهر تغيير فى موضعها حين النظر إليه من نقاط فى مدار الأرض. ورأى أيضاً، أن الكواكب التى تسير بقوة حول الشمس فى فضاء فسيح يعوزها نوع ما من القوة كى تبقى عليها فى مسارها، فلم يعد من الممكن اعتبارها مثبتة فى كرة دّوارة وشفافة وصلبة. بل وألمح أيضاً إلى أن هذه القوة يمكن أن نلقاها فى الجذب الذى يجعل المادة تسقط فى اتجاه مركز الأرض وتتماسك معاً فى الكرات كشأن القطيرات الصغيرة جداً التى تندمج معاً لتشكل قطرة ماء.

وأن ندع الكون القديم الجامد المتضام الصغير، ونحل محله كوناً ذا فضاء بلا نهاية، لا تحكم الأجسام فيه روابط صارمة كالقضبان، بل تحكمها قوى فيزيائية، فإن هذا قد أقحم نظاماً جديداً من المرونة والليونة فى أعطاف التفكير فى الطبيعة وسيرورة الكون النظامى (الكوزموس Cosmos).

وفضلاً عن تمهيد التربة التى أمكن أن تترعرع فيها التفسيرات الفيزيائية الحديثة فى الكون، كان ثمة محصلات جليلة الشأن نجمت عن تقويض دعائم الفكرة القائلة إن الارض والإنسان مركز الأهمية فى الكون. إذ اتخذت هذه الفكرة موضع الصراع مع الرؤى الدينية السائدة

آنذاك، وأنزلت الإنسان منزلاً أكثر تواضعاً، وقوضت النظرية القديمة عن العالمين الأصغر والأكبر (الميكروكوزم والماكروكوزم)، والتى كانت قد منحت علم التنجيم تبريره الجلى على مدى قرون. انهارت دعائم التنجيم بتبيان أنه لا توجد فى واقع الأمر رابطة وثيقة بين الأحداث فى السموات وبين الصحة والشئون الشخصية لإنسان، وانفصل الطب عن الفلك. وكان لهذا الأثر الأبعد فى فصل علم الحياة عن علم الطبيعة.

وإنكار دعوى الإنسان المزعومة بأنه هو وأرضه المركز الذى يدور حوله الكون،جعل من الممكن اتخاذ نظرة موضوعية عن الإنسان، مما هيأ نقطة بدء لتلك العلوم الجديدة من قبيل علم الإنسان، أو الأنثربولوجيا.

وكان لابد من إنجاز الكثير قبل إرساء أسس نظرية كوبرنيقوس بصورة كاملة ونهائية. إذ تطلب الأمر هيكلاً من الرصودات الأدق لحركات الكواكب، ووفر هذا معطيات اكتشاف أن الشكل الحقيقى لمدارات الكواكب هو الشكل الإهليلجى وأخيراً، ومن خلال اختراع المقراب الفلكى (التلسكوب)، كان ثمة البيان العيانى الغشوم على وجود نظام من الأقمار تدور حول كوكب المشترى، والذى طرح فى المتناول نموذجاً متعيناً للنظام الشمسى. ولم تزل الحاجة لما يقرب من مائة عام للم أشتات هذا الدليل الحاسم، والحاجة إلى خمسين عاماً لاحقة لكى تكتمل نسقيته على يد إسحق نيوتن.

إن عام ١٥٤٣ الذى شهد نشر كتاب كوبرنيقوس (دوران الكرات السماوية)، شهد أيضاً ظهور عمل آخر عظيم، فتح الأبواب على مصراعيها لعلم الحياة الحديث. ذلكم هو كتاب فيساليوس (تركيب الجسم البشرى Fabric of the Humam Body). وقد ولد أندريه فيساليوس Andreas Visalius عام ١٥١٤، وهو نجل الصيدلى الخاص للامبراطور تشارلز الثالث، والذى كان بلجيكياً، وعلى خلاف كتاب كوبرنيقوس، نشر فيساليوس كتابه وهو فى بواكير حياته العلمية. هكذا نجد أنه فى

عام ١٥٤٣ كان كوبرنيقوس هو البطل العجوز لرواية العلم الحديث، وفيساليوس هو بطلها الشاب.

درس فيساليوس الطب أولاً فى لوفان Louvain ثم فى باريس وكان تلميذاً مدهشاً، ينجز العمل بسرعة ودقة فائقتين، وسرعان ما أصبح متمكناً من طب جالينوس، وقد كان النص الطبى المهيمن على مدى ألف عام. واكتسب فيساليوس الثقة بالنفس المثلى لرجل من عصر النهضة، وجمع بينها وبين مواهب غير عادية فى الذاكرة والملاحظة والمهارة اليدوية واستغل قدراته العظيمة ليحصل على منصب طبيب تشارلز الخامس، وبمجرد أن ضمن وظيفة رفيعة ذات أجر عالٍ، نجده يتخلى من الناحية الفعلية عن البحث العلمي. ومهما يكن الأمر، فإنه فجر ثورة فى علم التشريح، إبان الفترة القصيرة السابقة على حدوث هذا.

لقد صاغ خطة تأليف رسالة جديدة، كى تحل محل رسالة جالينوس. والعلاقة بين عمله وعمل جالينوس تماثل العلاقة بين عمل كوبرنيقوس وعمل بطليموس. وبأسلوب مقارن نلقاه يعيد كتابة المادة العلمية لجالينوس من منظور جديد ومستقل، لافتاً الانتباه إلى أخطاء جالينوس بثقة واقتناع متميزين، وذلك على حد تعبيره «عن طريق وضع يديه فى قلب العمل»(1).

وأثار اتجاهه ثائرة الأساتذة المحافظين فى لوفان وباريس، ومن ثم رحل إلى بادوا، وهنالك أصبح أستاذاً عام ١٥٣٧، حين كان فى الثالثة والعشرين من عمره واعترض على الطريقة القديمة طريقة الشرح

(١) وضْعُ يد الجراح فى قلب العمل، فى قلب الجسم الإنسانى، إنما هو ثورة وتحول جوهرى، وهذا لاسواه الذى فتح الأبواب أمام الطب الحديث، كما أوضح المؤلف فى عمل آخر له. ذلك أن احتقار الإغريق المعروف للعمل ولكل ما له علاقة باليد والحواس، بلغ ذروته فى الطب إبان العصور الرومانية. وهذا فى صورة انفصال تام بين العمل وبين العلم النظرى، حتى أن الطبيب كان يقف على المريض ويلقى تعليماته للعبد القائم بالعملية الجراحية كما يقف المهندس المعمارى على البناء ويلقى تعليماته

التمثيلى والقراءة demomsration and readimg ، وبهذه الطريقة يشير الشارح إلى سمات الجسم ويتلو القارئ على الطلبة من كتاب جالينوس أو من نص ما آخر، بينما يجلس الأستاذ فى أعلى قاعةالدرس، مفسراً التشريح عن طريق الكلمات فحسب.

لقد أجرى بنفسه الكثير من عمليات التشريح، وقام بتصنيف مادته العلمية بأسلوب موحٍ، وفضلاً عن هذا اعتنى فيساليوس عناية بالغة بالرسوم التوضيحية لرسالته وقام على توفير فنانين من أعلى مستوى لوضع الرسومات، فاللوحات التى تشغل صفحات فى رسالته تعرض لتماذج رائع بين الخاصة العلمية والخاصة الفنية. لقد أسست معياراً مستجداً وحديثاً وواقعياً للرسم التوضيحى البيولوجى.

ومن أهم ملاحظات فيساليوس، ثمة تسجيله الواعى لعجزه عن اكتشاف أى سمت فى القلب يمكن للدم عن طريقه أن يعبر خلال الحاجز أو الجدار الذى يقسم القلب إلى نصفيه أو إلى البطينين. وكان جالينوس قد قال إن الدم يعبر من خلال ثقوب فى الحاجز، ولكن لم

=للعمال فأصبح الطبيب يعتز كثيراً بعلمه النظرى، ولا يبالى بحقائق التشريح التجريبية كدقائق تكوين العظام والعضلات والأعصاب والشرايين والأوردة. واستمر الحال على هذا المنوال حتى عصر النهضة، فكان أساتذة التشريح ـ كما أشار المؤلف عاليه ـ يجلسون على مبعدة من الجثة، ويدلى مساعدون جهلة بالحديث عن كيفية إجراء التشريح. وكان هؤلاء المساعدون يقومون بعملهم أمام الطلاب دون مهارة أو عناية لائقة، بينما يدير الأستاذ الدرس عن بعد. إلى كل هذا الحد انفصل النظر عن التجربة، وعلم الإلقاء عن علم الممارسة وتردى حال التعليم الطبى. وأصبح الطبيب غير ملم بالتشريح نتيجة تحاشيه إجراء العمليات الجراحية بنفسه، بينما كان العبد يحصل على شئ من العلم والخبرة نتيجة إجرائه العمليات، وبغير القدرة أصلاً على قراءة المؤلفات العلمية، فكان العبد يعجز عن فهم الكثير مما يقع تحت بصره مادام الأمر هكذا يغدو واضحاً لماذا استحال على الطب الغربى إحراز خطوة تقدمية واحدة بل ولماذا تقهقر طوال ألف ومائتين من السنين ظل فيها خلفاء جالينوس يرددون أقواله فى علم التشريح «دون أن يدرك أحدهم أن الأوصاف التى كان يذكرها ليست لأجسام بشرية إنما لقرود» (ج.ج. كراوثر، صلة العلم بالمجتمع، ترجمة حسن خطاب، مراجعة د.محمد مرسى أحمد، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة، د.ت، ص١٤١).
(المترجمة)

يستطع فيساليوس أن يعثر على أى أثر لهذه الثقوب، وواصل البحث عنها، ولكن حينما طرح الطبعة الثانية من كتابه بعد اثنى عشر عاماً لاحقة أعرب عن تشككه فى وجودها، والآن بثبات أكثر. إن ملاحظة فيساليوس واتجاهه النقدى الواثق أقيما على اختبار عملِى بمعنى الكلمَة، شكّل نقطة البدء لاقتحام المشكلة الكبرى - مشكلة الدورة الدموية، والتى كانت مفتاح البحث فى الجسم البشرى والحيوانى بوصفه آلة تعمل وتؤدى وظائفها. على هذا النحو تطرقت إلى البيولوجيا المفاهيم الميكانيكية التى أصبحت مألوفة أكثر بفضل تزايد استخدام الآلات الميكانيكية فى الصناعة(1).

وقد وجد وليم هارفى W.Harvey حل مشكلة الدورة الدموية، التى طرحها فيساليوس بجلاء. ولد هارفى فى فولكستون Falkstone عام

(١) كان التصور الميكانيكي - ككل وكفروع - هو نموذج التفكير العلمي الحديث (من عام ١٦٠٠ إلي ١٩٠٠). ومؤداه النظر إلي الكون بكل محتوياته وظواهره، وعلي أنه مترتب في صورة آلة ميكانيكية ضخمة مغلقة علي ذاتها، من مادة واحدة متجانسة، تسير تلقائياً بواسطة عللها الداخلية، ثم جاءت نظرية نيوتن بنجاحها الخفاق صياغة نهائية لهذا التصور للكون ككل. وفي عام ١٦٩٠ صاغ هيجنز روح العلم في عصره حين أكد ضرورة التعبير عن كل ظواهر الطبيعة بمصطلحات ميكانيكية، وإلا فلنتخل عن كل أمل في فهم أي شئ في الفيزياء فتوالت التصورات الميكانيكية الفرعية لمجالات التفكير العلمي. قدم ما يكل فارادي (١٧٩١ :١٨٦٧) وجيمس كلارك ماكسويل (١٨٣١_١٨٧٩) تصورات ميكانيكية للكهرومغناطيسية ووضع وترستون تفسيرات ميكانيكية لخواص الغازات والسوائل والجوامد، وثمة محاولات مماثلة بشأن الضوء والجاذبية، لم يؤثر إخفاقها علي اعتقاد العلماء بأن الكون بأسره يمكن تفسيره ميكانيكياً. فقط شعروا بالحاجة إلي جهود أعظم كي تفصح الطبيعة عن نفسها كآلة كاملة. وحين اكتشفوا أن الخلايا الحية مؤلفه من نفس الذرات الكيميائية، تماماً كالمادة اللاحية، وأنها بالتالي تخضع لنفس القوانين الطبيعية، انتهوا إلي أن الحياة بدورها ذات طبيعة ميكانيكية، ليكون «عقل نيوتن أو باخ أو مايكلانجلو مختلفاً عن ماكينة الطباعة أو طاحونة الهواء فقط في درجة التعقيد».

james jeans, The Mysterious Universe, Cambrdge unmiversitypress, 1933, pp. 14-15.

وتكفل كلود برنار بتنفيذ التصور الميكانيكى فى الفسيولوجيا إبان القرن التاسع عشر، قائلا: لا يختلف تركيب الآلات التى يخترعها الذكاء البشرى عن تركيب الآلات الحية وإن تكن أقل لطفا=

١٥٨٧، ابناً لتاجر يغامر بالعمل بين البندقية والقسطنطينية. وحين بلغ السادسة عشرة من عمره، أُرسل إلى كلية كايوس Caius بجامعة كمبريدج، والتى حظيت بصيت ريادى عبر انجلترا فيما يختص بالدراسات الطبية. قام جون كايوس بإصلاح حال الكلية، وكان قد درس على دى فيساليوس فى بادوا، ولعله عاش فى منزل فيساليوس الخاص، حصل هارفى على شهادة التخرج فى الفنون، واصل دراسته فى بادوا، كمتلقٍ لدراسة الطب.

فى أزمنة متفاوتة كان كوبرنيقوس، وفيساليوس، وهارفى طلاباً فى بادوا. فهذه الجامعة كانت آنذاك أكثر الجامعات تحرراً فى أوربا وكانت تحت حماية البندقية، طليعة القوة المعادية للبابوية الكاثوليكية. وحينما

=وأكثر خشونة». واجتاح التفسير الميكانيكى سائر علوم الحياة، وطبقته السلوكية فى علم النفس، وتطرق حتى لعلم الاجتماع بل والتاريخ.. على الإجماع أصبح التصور الميكانيكى مرادفاً للتصور العلمى، حتى أقر اللورد كالفن أنه يعجز عن فهم أى شئ لا يستطيع أن يصمم له نموذجاً ميكانيكاً.

وفى هذا التصور الميكانيكى للطبيعة تتبلور روح العلم الحديث، لاسيما من حيث افتراقه عن النظرة القديمة للطبيعة التى تتصورها كائناً حياً، وبطبيعة الحال تضافرت عوامل عديدة أدت إلى هيمنة التصور الميكانيكى على التفكير العلمى الحديث. ثمة ما أشار إليه المؤلف من تزايد استخدام الآلات فى الصناعة فالأغريق والرومان لم يستخدموا الآلات - كالمنجنيق والساعة المائية مثلاً - إلا فى نطاق محدود للغاية ما كان ليؤثر على نظرتهم الكلية للكون. أما فى القرن السادس عشر فقد كانت الثورة الصناعية على الأبواب، وكانوا قد عرفوا الطباعة الآلية والطواحين الهوائية والمضخات والساعات والروافع... فدخلت الآلة فى صميم ملامح الحياة اليومية. وكان كل فرد ألم بطبيعتها - وأصبحت الخبرة ببنائها جزءاً من الوعى العام للإنسان الأوربى. فإذا أخذنا فى الاعتبار عقيدته الدينية عن الإله الخلاق، سهل الانتقال إلى القضية: «كما يكون صانع الساعة بالنسبة للساعة، كان الله بالنسبة للطبيعة».

R.H. Collingwood, the Idea of Nature, Clarendon Press, London, 1945, p8-9

وإذا تركنا الإنسان العادى، وجدنا الكثيرين من علماء ذلك العصر قد تبوأوا مركزاً رفيعاً فى مهنة الهندسة، فقد كان عصر العالم المهندس - بتعبير جيمس جينز- ذى الطموح المتمركز فى=

وصل إليها هارفى حوالى عام ١٥٩٨ كان جاليليو يعرض عمله فى الميكانيكا والفيزياء على جمهور عريض من المستمعين، ويتشكك فى مبادئ العلم الأرسطى. وكان فابريزى Fabrizzi قد خلف فيساليوس فى منصبه، ويواصل أبحاث التشريح وفقاً للتقاليد التى أرساها فيساليوس. ودرس الأوردة بصفة خاصة، ونشر عمله فى (صمامات الأوردة) بعد وصول هارفى بقليل. وأيضاً أحيا دراسة علم الأجنة وأصبح هارفى على اتصال وثيق به وعلى التو راح يتصرف كواحد من معاونيه. وتابعه فى كلا مجالى بحثه. وقد لاحظ فابريزى أن الصمامات فى الأوردة تتجه نحو القلب، واستشهد بمبادئ الإمداد المائى فى محاولة لإيجاد تفسير جريان الدم.

عاد هارفى إلى انجلترا عام ١٦٠٢ حاملاً شهادة الدكتوراه من بادوا، وشرع يمارس الطب فى لندن وسرعان ما ارتفع إلى مكان الصدارة من مهنته، تزوج من ابنة طبيب الملكة إليزابيث الأولى وأصبح هو نفسه طبيباً لجيمس الأول وتشارلز الأول وفرنسيس بيكون، وكان دائماً رخى البال، لأن أسرته الجادة قامت له بأمور معاشه. حاضر فى الكلية الملكية

=تشييد نماذج ميكانية فتهيأت عقولهم للتعامل مع الحقائق المادية أكثر من المفاهيم المجردة، ومع الخصوصيات أكثر من الرموز والصيغ. فإذا وجد أسلوب، فلابد وأن يفهموه كآلة ميكانيكية وكيف تعمل، فيمكن التنبؤ بها جميعاً. وفى النهاية كان التصور الميكانيكى على تمام الاتساق مع عقيدة العلم البحث فى تلك المرحلة، أى الواحدية المادية. لمزيد من التفاصيل: د يمنى طريف الخولى، العلم والاغتراب والحرية: مقال فى فلسفة العلم من الحتمية إلى اللاحتمية، الهيئة العامة للكتاب، القاهرة سنة ١٩٨٧ ص٧٤ ومابعدها، ص١٨٨ ومابعدها).

وكما تميز العلم الحديث - العلم الميكانيكى بتقويض النظرة الحيوية للطبيعة، تميز العلم المعاصر- علم النسبية والكوانتم فى القرن العشرين بتقويض التصور الميكانيكى للطبيعة. على العموم هذا حديث سابق لأوانه، فمازلنا فى مرحلة ميلاد لعلم الحديث وتطوره، أو نشوئه وارتقائه.

(المترجمة)

للأطباء، وتابع خطوط البحث التى طُرحت أمامه فى بادوا. وبقيت مذكرات محاضراته لعام ١٦١٥[١]، تحوى البيِّنة على الدورة الدموية. وفيها يقول هارفى «إن الدم يمر باستمرار خلال الرئتين إلى داخل الوريد الذى يخرج من الجانب الأيسر للقلب، كما لو كان مدفوعاً بطقطقتين لمنفاخ ماء يرفع المياه. ومن آثار ضمادات الذراع استنتج أن ثمة مروراً للدم من الأوردة إلى الشرايين. وعلى هذا النحو يتبين أن دقة القلب تسبب حركة مستمرة للدم فى دورة». لقد تصور القلب على أنه مضخة.

ونشأت الصعوبة الأخيرة فى إثبات الدورة الدموية عن واقعة أن الدم يمر من الأوردة إلى الشرايين من خلال الشعيرات الدموية، التى هى صغيرة بحيث يصعب رؤيتها بالعين المجردة. لم تكن المجاهير (الميكروسكوبات) متاحة لأنها لم تكن قد اخترعت بعد. وحل هارفى هذه المشكلة عن طريق تطبيق بارع للنمط الميكانيكى فى التفكير، الذى رعاه ونماه تزايد استخدام الآلات الميكانيكية فى الانتاج الصناعى المعاصر. لقد تصور جالينوس حركة الدم تصوراً ملتبساً بوصفها حركة لطيفة للانحسار والتدفق، مماثلة للمد والجذر. واعتبر الدم ينفذ إلى الأنسجة كما تتخلل المياه التربة، ثم يرتفع كالنفس، مثلما يرتفع الضباب عن الأرض. لقد بحث جالينوس عن مماثلة ما فى عمليات الطبيعة؛ أما هارفى المنتمى إلى العصر الجديد فبحث عن المماثلة فى الميكانيكية[٢] ووجد هارفى فى أن الدم لا ينحسر ويتدفق، بل يدور فى اتجاه واحد. ولا هو يتحرك حركة لطيفة، وقام بحساب كمية الدم التى يضخها القلب.

(١) من بين التراث الذى خلفه هارفى لكلية الأطباء الملكية، ثمة محاضرة لاتزال تُلقى كل عام فى احتفال رسمى. وفيها ينصح هارفى الزملاء بالبحث عن اسرار الطبيعة ودراستها بالمنهج التجريبى».. (المترجمة، نقلاً عن: هنرى ديل، هارفى والدورة الدموية، فى: موجز تاريخ العلم ترجمة عزت عبدالرحمن شعلان، سلسلة الألف كتاب، دار سعد مصر، القاهرة، سنة ١٩٦٣ ـ ص٥٠).

(٢) راجع ماورد فى الهامش قبل السابق بشأن التقابل بين نظرة الإغريق الحيوية للطبيعة، ونظرة العلم الحديث الميكانيكية للطبيعة. (المترجمة)

وطالما أن ضرباته تقترب من ألف ضربة فى نصف الساعة، ويضخ حوالى واحد على ستة عشر جزءا من الأونس(١) فى الضربة الواحدة، فلابد أنه يضخ فى نصف الساعة عشرة أرطال وخمس أونسات من الدم، الذى يعبر بطريقة ما من الشرايين إلى الأوردة، وهذه الكمية قدر مجمل كمية الدم فى الجسم. ولا يمكنه أن يكون ثمة مصدر يمد الجسم بالدم المنتج مجدداً من هضم الطعام مباشرة، لأن الجسم لا يمكن صنع كل تلك الكمية الكبيرة من الدم فى نصف الساعة، وتبعاً لهذا فإن نفس المقدار تقريباً من الدم لا مندوحة عن ضخه على مدار الجسم فى دورة متصلة حتى وإن كنا لا نستطيع أن نرى بالعين المجردة كيف يمر الدم من الأوردة إلى الشرايين.

وعلى الرغم من أن عمل هارفى بكل هذا التمكن والحداثة، فلم يكن له تأثير كبير على الطب الممارس فى حاضر زمانه. فقد سبق عصره كثيراً من الناحية الفنية، والواقع، أنه كان فى البداية ذا تأثير عكسى على بعض الممارسات الطبية، لأنه جعل كثيرين من الأطباء يولون عناية كبيرة نسبياً للدم، وضاعف من اعتقادهم فى فعالية فصد الدم.

وبينما كان هارفى يتفكر فى القلب بوصفه آلة ميكانيكية، كان جاليليو يولى الاهتمام لمبادئ المضخة الميكانيكية، ولعل هارفى اكتسب تفهمه لهذه المبادئ من محاضرات جاليليو. فأنماط التفكير والمبادئ العلمية التى كان كوبرنيقوس يستحضرها فى الفلك وهارفى فى البيولوجيا قد باتت فى متناول فروع أخرى من العلم.

والاحتياج للمعادن من أجل المدافع، فى بنائها ورواجها، قد استحدث تطوير التعدين(٢). وبصفة خاصة تطوير المضخات من أجل نزح المياه عن

(١) الأونس ounce وحدة وزن تساوى حوالى ٣٠ جراماً (ما بين ٢٨,٣٥ ، ٣١,١ جراماً). (المترجمة)

(٢) التعدين هو استخراج المعادن من المناجم. (المترجمة)

أشغال حفر المناجم. وعام ١٥٥٦نشر أجريكولا Agricola فى كتابه العظيم (فى المعادن On Metals) توصيفات لمضخات المناجم ولأوجه أخرى من التعدين. كان أجريكولا ألمانى المولد، ومثل كوبرنيقوس وفيساليوس وهارفي، ارتحل إلى بادوا لدراسة الطب؛ وكانت له، مثلهم، اتصالات ثقافية واسعة. وأصبح صديقاً لإرازموس، وشرع فى تنقيح كتاب الطب لجالينوس، وعين عام ١٥٢٧ طبيباً ببلدة التعدين لمقاطعة يواقيمثتال joachimsthal فى بوهيميا. وكانت العملات المصنوعة من فضة المناجم المحلية تسمى اليوقيمشتالية (اليواقيمشتالر joachimsthaler)، واختصرت إلى «ثالر» Thaler، وفيما بعد اتخذ هذا الاسم فى أمريكا لنعت عملة فضية هى «الدولار» Dollar.

وفضلاً عن إعطاء توصيفات بارعة لعلم المعادن المعاصر وتحليل المعادن وكيمياء الفلزات وجيولوجيا التعدين والمناهج المستشرفة، أعطي أجريكولا توصيفاً شاملاً عن الآلات الميكانيكية للتعدين، خصوصاً عن مضخات المناجم ووصف سبعة أنواع، تتضمن نوع المضخات التي ترفع الماء ستمائة وستين قدماً علي ثلاث مراحل. إذ لاحظ أن المضخة الماصة إحادية المرحلة لايمكنها رفع الماء لأكثر من أربعة وعشرين قدماً. وفي ماجدبورج magdeburg التى لاتبعد كثيراً عن يواقيمشتال، تابع أوطو فون جوير Otto von Guericke تطوير المضخات عن طريق اختراع المضخة الهوائية واستخدامها لتبيان كيف يمكن الحصول على قوى عظمى من الضغط الجوى. لقد استفاد من المعرفة التقنية للمشتغلين بالتعدين ومن المهندسين الهولانديين الذين قاموا بتصريف المياه فى هولندا. وكانت المضخة الهوائية واحدة من أهم الاختراعات فى العلم. لقد مكنت من إجراء التجارب المنضبطة على الغازات، التى هى أبسط أشكال المادة، ومن ثم يسرت تقدماً سريعاً في الفيزياء - علم خصائص المادة.

وكثيراً ما كان المشتغلون بعلم التعدين وعلم الفلزات والمهندسون، أبعد تقدماً من العلماء الأكاديميين وذلك من حيث تحررهم من التنجيم والأفكار السحرية.

وفى عام ١٥٤٠ نشر الإيطالى فانوكيو بيرينجكيو Vannoccio Biringuccio بحثا تحت عنوان (بيروتشنيا Pirotechnia)، وفيه يصف استخدامات النار فى العمليات التقانية (التكنولوجية). ووضع أول توصيف مفصل عن الأتون العاكس للحرارة حيث يصوب اللهب من أعلى إلى المعدن، وعن استخدام لون اللهب لتعيين العناصر الكيمائية. لقد وضع أوصافاً دقيقة لعمليات جمة، من قبيل تصنيع الرقائق المعدنية من الذهب والفضة بغية صنع الخيوط الذهبية والفضية، وشرح كيف أن تقطيع الرقائق المعدنية يتم بواسطة مقص طويل جداً وتقوم به النساء، اللائى هن أكثر صبراً من الرجال إلى حد بعيد، وفى عمليات تتطلب نعومة الحرير. لقد وصف تغذية الثقل النوعى gravity fed والوقود الصلب والموقد الحرارى وأعطى توصيفاً مفصلاً عن العملية المعقدة لتصميم وتصنيع الأجراس.

كان أسلوبه وتوجهه الفكرى لافتاً تماماً مثلما كانت مادته العلمية لافتة. وتحرى الصراحة التامة بشأن ما عرفه وما لم يعرفه. أبدى نفاد صبر عن التكتم التجارى وعلى وجه التعيين رفض إدعاء أية قدرات سيميائية، على الرغم من إشارته إلى أن السيميائيين ربما أوتوا معرفة ما قد تفيد التقانة. وكما علق مترجمه سى إس. سميث C.S. Smith: «إن توصيفه لمرحلة مبكرة من نمو العلم التجريبى لا ينفصل البتة عن صورة بدايات الاقتصاد الصناعى الرأسمالى، على قدر ما يتصل هذا الاقتصاد بأكثر أنماط الإنتاج حيوية. فلدينا هاهنا علم يعمل جنباً إلى جنب مع التنظيم الصناعى للبدء فى استحداث مجتمع جديد».

إن القوة التى كانت تقوض دعائم العلوم العتيقة علوم التنجيم والسيمياء والتصوف لهى النظام الاجتماعى الجديد، الهادف إلى استغلال خصائص المادة فذلك هو الذى مكّن الناس من النظر إلى الظواهر الطبيعية بواقعية جديدة، والذى كان يخلق الظروف التى أتاحت لكوبرنيقوس وفيساليوس وهارفى وخلفائهم أن يتخلصوا من المفاهيم الخاطئة العتيقة، وبالتالى أن يؤسسوا العلم الحديث.

وتلقت الجهود العقلية للنظام الجديد عضداً كبيراً بنشر ثالث الأعمال العظيمة الأهمية فى عام ١٥٤٣ الحاسم. وذلك العمل هو طبعة تارتجليا Tar-taglia اللاتينية لأعمال أرشميدس، التى جعلت أحدَ العقول العلمية والرياضية من العصور القديمة فى متناول العلماء الجدد، والذين كانوا آنذاك قد ارتقوا من خلال جهودهم الخاصة إلى موقع استطاعوا فيه الشروع فى تقدير قيمة النفاذ العقلى لأرشميدس. لم يكن ممكناً للعلماء أن يتخذوا ببساطة رياضيات أرشميدس وعلمه كما خلفهما، إنهما كانا من المنتجات البارزة للنظام الاجتماعى فى عصره، ومرت آلاف من السنين تقريباً قبل أن ينشأ نظام جديد على أساس اجتماعى مختلف وكان نظاماً قوياً ومصقولاً بما يكفيه لأن يعادل بل ويفوق علم الإغريق القدامى ورياضياتهم.

أصبح أرشميدس فى متناول المجتمع الأوربى الجديد، حينما ارتقى ذلك المجتمع إلى المرحلة التى أمكنه فيها الشروع فى فهم ارشميدس وتقدير قيمته إذ إن تقدم العلم لا يعتمد فقط على تشييد سلسلة من الأفكار العقلية، وإذا اتفق أن كان بعض الرجال ذوى مهارة نادرة فإنهم يضيفون الحلقة إلى الأخرى. بل إن تقدم العلم محصلة لمجمل حياة المجتمع البشرى الذى ينمو فيه العلم، فلا يمكن أن يبز العلم قيم ذلك المجتمع الأساسية وفضائله.

* * *

الملاحة والفلك والفيزياء

باكتشاف أمريكا انتقل مركز العالم الغربي من البحر الأبيض المتوسط إلى المحيط الأطلنطي. فولّد هذا دفعة لتطوير الملاحة عبر المحيط في البلدان الواقعة على سواحل الأطلنطي، أولاً في البرتغال وأسبانيا، ثم في بريطانيا والبلدان الواقعة على طول سواحل بحر الشمال والبحر البلطيقي.

وأنشأ الأمير البرتغالي هنري الملاح، الذى عاش بين عامي ١٣٩١ و١٤٦٠، مرصداً على الساحل الجنوبي للبرتغال، حيث رفع من شأن تطبيق الفلك على الملاحة، وقام بتشجيع كشوف الساحل الأطلنطي لأفريقيا.

كانت الملاحة في البحر الأبيض المتوسط قد تنامت تدريجيا على أساس الخبرة المستقاة من الخرائط البيانية المدروسة تماماً للسواحل والمعرفة المدونة بالمسافات. وكانت السواحل معروفة جيداً في بحر الشمال والبحر البلطيقي. أما فيما هو أبعد من هذا، في الأمواه الضحلة للرصيف القاري(١)، فقد تأتي عون قيّم من سبر عمقها بواسطة الحبل وخيط الرصاص(٢). ومهما كان الوضع، فإنه في المياه العميقة للأطلنطي

(١) الرصيف القاري» هو سلاسل الصخور المسطحة القريبة من سطح الماء، وعلى طول سواحل للقارة مطلة على المحيط. (المترجمة)

(٢) من الطرق المألوفة منذ قديم الزمان لسبر أعماق المياه ـ أو الأعماق عموماً أن يُشد حجر إلى حبل يدلى في الأعماق المراد سبرها، ويسمى (المرجاس). (المترجمة)

لا السواحل ولا عمقها كانا معروفين أو يمكن الاستفادة منهما. فلا مندوحة للملاح عن استخدام الفيزياء والفلك. وأجريت محاولات لاستعمال البوصلة المغناطيسية. وعلى أية حال، اكتشف كولومبس نفسه، عندما أبحر من الشرق إلى الغرب، أن البوصلة لا تشير إلى الشمال بصورة ثابتة. مما جعل استعمالها محفوفاً بالصعوبات.

وقد غيّر اكتشاف أمريكا موقع بريطانيا فى العالم تغييراً جذرياً. فبعد أن كانت بلداً على هامش الحضارة، وجدت نفسها على الخط الرئيسى لشبكة الطرق المستقبلية. وحتى ذلك الوقت كانت اهتماماتها وأنشطتها العلمية جزءاً ضئيلاً وثانوياً من الاهتمامات والأنشطة العلمية لقارة أوربا، بزعامة الإيطاليين، والآن وجد الإيطاليون أنفسهم على هامش التطور المستقبلى للتجارة فى المحيط الأطلنطى وفى العالم الجديد، بينما تربعت بريطانيا بين العالمين القديم والجديد. وحوّل البريطانيون توجههم من الشرق إلى الغرب، سواء فى العلم أو فى الاحتمالات الجديدة لاكتساب أراض وفى التجارة. بحثوا عن حل لمشاكل الملاحة فى الأطلنطى، وبعزم على بلوغ الغاية أكبر من كل عزم تأتى منهم لحل المشاكل العلمية التابعة للقارة الأوربية. لقد مكنهم الوضع الجديد من أن يجدوا أنفسهم كأمة، وغبطتهم فى تحقيق هذا انعكست فى الازدهار الثقافى للعصر الإليزابيثى.

بدأ البريطانيون بإنجاز تحسينات جوهرية فى مناهج الحساب، حتى أن تعقيدات الحسابات الفلكية التى تستلزمها الملاحة فى المحيط أمكن تسهيلها وأصبحت فى حدود فهم القباطنة ورجال الممارسة العلمية. وطوروا رسم الخرائط من حيث النظرية والتطبيق، وابتدعوا صناعة أدوات علمية جديدة لتزويد الملاحين بأنماط مستحدثة من الأسطرلابات والمزاول ومثلثات المساحة المناسبة لإجراء الرصودات عبر البحار. وتطور تصميم وتصنيع البوصلة المغناطيسية.

أدخل العلم الجديد التقانة فى ذات الهوية مع الممارسة العلمية. لقد طرحوا المشاكل أمام العلماء الأكاديميين، الذين غادروا جامعاتهم لكى يحلوها وأقاموا فى لندن، وهى مركز قيادة المالية وشحن السفن، ومركز قيادة الشركات التجارية التى تشكلت لاستغلال الثروة فى البلدان والقارات المكتشفة حديثاً. لذلك فحتى حينما كان العلماء المبدعون للعلم والتقانة الجديدين قد تعلموا هم أنفسهم فى أكسفورد أو كمبردج، فعادةً ما كانوا ينجزون عملهم الخلاق فى لندن ويعبرون عن روح هذه المدينة فى علمهم الجديد. وبدأوا فى نشر كتبهم باللغة الإنجليزية، بدلاً من اللاتينية التى كانت معتادة على مدى قرون، وذلك كى يجعلوا مضمونها سهل المنال للملاحين ورجال الممارسة العملية الذين كانوا عادة على غير إلف باللغة القديمة.

وكان روبرت ريكورد R.Record واحداً من أسبق أمثال هؤلاء العلماء، وهو عالم رياضيات من ويلز، ولد عام ١٥١٠ ودرس فى أكسفورد نشر عام ١٥٤ بحثاً فى الحساب، تحت عنوان (أساس الفنون The Ground of Arts) وفيه استعمل الرمزين (+) و (−). وفى بحثه (مشحذ الفهم Whet-atone of Wittes)، المنشور عام ١٥٥٧، تقدم باستعمال الرمز (=) للتعبير عن التساوى. وكان هذا التحسين فى رمزية الحساب خاصة مميزة للتطور الجديد. وبلغ ذروته باختراع اللوغاريتمات على يد البارون الاسكتلندى جون نابير J.Napier ، وذلك فى عام ١٥٩٤، حينما كان فى الرابعة والأربعين من عمره. وقد كان نتاج محاولة مباشرة لرد عملية الضرب المعقدة إلى عملية الجمع الأبسط كثيراً. ويبدو أن نابير أول من خلق إيعازا صائباً باختراع الآلة الحاسبة. وعلى أية حال، لم يصنف لوغاريتماته فى الصورة الأجدى لرجل الممارسة العملية، أى لم يصنفها إلى الأساس ١٠. واضطلع هنرى بريجز H. Briggs بهذه المهمة الجليلة، وقد ولد فى يوركشاير عام ١٥٦١. وتلقى بريجز تعليمه فى كمبردج، وأصبح أول أستاذ للهندسة فى كلية جريشام Gresham بمدينة لندن عام

١٥٩٦. وتلك هى أول أستـانية للرياضيـات تأسـست فى انجلتـرا بأسـرها. وارتحل بريجز إلى أدنبره ليقابل نابير. وحينما تقابلا راح كل منهما يتفرس فى الآخر فى صمت لمدة خمس عشرة دقيقة، راحت فى أعمق إعجاب متبادل.

والكلية التى خولت لبريجز موقعاً مركزياً للنفوذ قد تأسست بعزيمة رجل المال، سيـر تومـاس جـريشـام Sir Thomas Gresham. ولد عـام ١٥١٩ وأصبح واحداً من أثرى أثرياء عصره. وكان مدير مالية الملكة إليزابيث. درس جريشـام فى كمبـردج وكان على وعى حـاد بقيمـة العلم والتـعليم لمجتمع انجلترا الصناعى والتجارى النامى. وقرر أن يورث ثروته كوقف لكليـة فى مـدينة لندن، حيـث يمكن للموظفين ورجـال الحـرف وقبـاطنة البـحـار وبناة السـفن، والميكانيكيـين وصـناع الآلات وأعـضـاء ضـروب التـجـارة والمهن الأخـرى المتنامـيـة - يمكنهم تلقى نوع من التـعليم فى الهندسـة والفلك والقـانون والبلاغة والموسيقى واللاهوت، يحـتاجون إليه من حيـث هم مـواطنون ذوو مسـؤلية واحـترام متـزايد. فـمـا كـانت تمثله أكسـفـورد وكـمـبـردج لملاك الأراضى، أصـبـحـت تمثله كليـة جـريشـام للمجتمع الصناعى والمالى الجديد.

وكـان العـالم الرياضـى إدمـوند جـونتـر E. Gunther زمـيـلاً لبـريجـز، ومـحـاضـراً فى كليـة جـريشـام. قـدم مناهـج ميكانيكيـة لاسـتـخـدام اللوغـاريتـمـات، بينمـا قـدم وليم أوتريد W. Oughtred، وهو صـدق آخـر لبريجز، المسطرة الحاسبة عام ١٥٧٥. واستخدام رمز (×) للضرب. ومن بين الذين تعلموا الرياضيات من كتبه المدرسية جون واليس وكريستوفر رن وإسحق نيوتن. وقد استبانت الحاجة إلى كلية جريشام كمركز للعلم البريطانى بفضل النفوذ المحدود لتوماس هاريوت Th. Harriot، وهو صديق لوالتر رالى وكريستوفر مارلو، وتؤذن بحوثه الغير منشورة بخطى تقدمية هامة فى الرياضيات والفلك. ومن بين ما ابتدعه تقديـم العلامتين (<) و(>) أى (أكبر من) و(أصـغر من) فى الرياضـيـات وكان وليم جلبرت W

Gilbert هو الآخر مقيداً بالظروف الخاصة التى مارس فيها عمله، قبل زمان كلية جريشام. ولد جيلبرت عام ١٥٤٠، وتلقى تعليمه فى كمبردج. درس الرياضيات، ضمن علوم أخرى، وبعد أن تخرج سافر إلى الخارج ليظفر بشهادة فى الطب. وسرعان ما ارتفع نجمه كدكتور، وأصبح طبيب الملكة إليزبيث. وكان جيلبرت رجلاً ذا شخصية قوية مثلما كانت له عقلية رائعة. واهتمت الملكة إليزبيث ووزراؤها اهتماماً عميقاً بالتجارة والقتال عبر البحار، نوقش كل سؤال وإشكال أثارته الشئون البحرية مناقشة حارة، فلفتت الشئون البحرية انتباه عقلية جيلبرت العلمية الناشطة. فغدا معنياً باستخدام البوصلة المغناطيسية فى الملاحة، وأجرى بحثاً شاملاً للمغناطيس الأرضى لكى يوضح المبادئ العملية للبوصلة الملاحية. وعرض نتائجه فى رسالته (فى المغناطيس والأجسام الممغنطة) On The Magnet and Magnetic Bodies ، وهى أول عمل بارز فى العلم الفيزيائى يكتبه رجل إنجليزى وواحد من الإسهامات الرئيسية فى تأسيس العلم الحديث.

لقد أوضح مبادئ المغناطيسية بتجارب بارعة. اقتفى خطى بيتر برجرين P.Peregrine بصنع كرة من حجر المغناطيس، لتمثل نموذجاً للأرض ومغناطيسيتها، وراح يستكشف خصائص هذا النموذج الأرضى بواسطة بوصلة صغيرة أمكن تحريكها على سطحه، تماما كما تتحرك بوصلة مغناطيسية يحملها بحار فى قارب فوق سطح الكرة الأرضية. وقارن بين النتائج التى لاحظها من نموذجه وبين التقريرات حول مسلك البوصلة فى بقاع شتى من الأرض، والتى عاد بها البحارة من رحلاتهم عبر المحيط، والتغيرات التى تسجلها فى الحركة من مكان إلى مكان، ونجح فى تفسير معظم النتائج التى لاحظها البحارة، وبمثابرة راح يدرس ويخبر بنفسه هؤلاء الرجال وأعمالهم. ويشير إلى «أن أكثر الدارسين تضلعاً توماس هاريوت وروبرت هوجز R.Hughes وإدوارد رايت E. Wright وأبراهام كندال A.Kendall ، وجملتهم إنجليز...» من

حيث إنهم لحظوا فروق التغير المغناطيسى فى رحلات البحر الطويلة. وأشار إلى وليم بورو W.Borough ووليم بارلو W.Barlow وروبرت نورمان R.Norman بوصفهم مخترعين وصناع أدوات مغناطيسية؛ والحق، أن الأخير منهم «أول من اكتشف انحراف الإبرة المغناطيسية».

وبَحْثُ جيلبرت التجريبى فى المغناطيسية تأدى به إلى بحث آثار التكهرب Electrification وقدم مصطلح (الكهربائى electric) ليصف المواد التى يمكن شحنها بالكهرباء. ومن هذه الكلمة اشتُقت كلمة الكهرباء electricity.

قادته دراسته للمغناطيسية والقوى الكهربائية إلى التدبر فى دور أمثال هذه القوى فى الكوزمولوجيا وحركة الكواكب. فقد افترضت النظرية الأرسطية القديمة، أن الكواكب والنجوم تحملها كرات صلبة دَوارة وهى مطمورة داخلها. وحين وضع جيلبرت المغناطيسية موضع القيام بهذا الدور، ترك ذلك تأثيراً على كل من جاليليو وكبلر.

يعزو جيلبرت بجلاء علم المغناطيسية التجريبى المستجد إلى تطور التجارة والصناعة: «حين يُلقى الضوء على أشياء معينة مرادة لنفع الإنسان ورفاهته وتغدو معروفة، عن طريق عبقرية وجهد جمع من العاملين». ونُشر كتاب جيلبرت العظيم «فى المغناطيس والأجسام الممغنطة» عام ١٦٠٠ باللغة اللاتينية. فاستطاع فى أوان باكر جداً أن يصبح عن حق قادراً على السريان بتأثيره فى أعطاف التنظيم العلمى المنبثق عن كلية جريشام، وبناء على هذا كان لقوة عبقريته أثر على بريطانيا أسرع مما كان يمكن أن يتأتى لها.

وكما ترك جيلبرت تأثيره على جاليليو وكبلر فى العلم الفيزيائى، ترك نابير، وبريجز بالمثل تأثيرهما على كبلر فى الرياضيات. فبريجز اقنع كبلر بأهمية اللوغاريتمات، وعجلَ تأييد كبلر من سرعة اتخاذها فى

أوروبا، وكان علماء الرياضة البريطانيون العمليون ضمن فيالق أول من انتهوا للنظرية الكوبرنيقية.

وتنامى العلم سريعاً فى البلدان الأطلنطية الأخرى. وأحرز سيمون ستيفن S.Stevin فى هولندا، كشأن العلماء البريطانيين، خطىً إلى الأمام كانت من المعالم المميزة للعلم العملى والتجريبى الجديد، وقام بوصفها باللغة الهولندية، التى اعتبرها على وجه التعيين لغة جيدة لعرض العلم. ولد ستيفن عام ١٥٤٨ فى أنْتورب Antwerp، حيث أصبح موظفا فى مكتب محاسبة وعقد صفقات. وشد رحاله فى أوروبا، وفيما بعد شغل وظيفة فى ميناء أنْتورب. ثم قام بتدريس الرياضيات باللغة الهولندية لطلبة الهندسة فى ليدن Leyden. ومن بين تلاميذه الأمير موريس من ناساو Maurice of Nassau، الذى استخدم تقنيات متقدمة فى عملياته الحربية البارعة ضد الأسبان، وأصبح ستيفن الأمين العام للإمدادات والتموين فى جيش الأمير موريس، والعقل المدبر لحملاته العسكرية الفذة.

خرجت باكورة أعمال ستيفن المنشورة من أعطاف خبرته المحاسبية ونشر أول جداول هامة لكى تُطبع، إذ كان معارضاً من حيث المبدأ للسرية فى العمليات الفنية، وهذا اتجاه حديث على نحو متميز. وكان مناصراً لمسك الدفاتر بنظام القيد المزدوج[1]. وأشهر ابتكاراته فى الحساب هى الاستعمال المنهجى للكسور العشرية، وفى كتابه عن ذلك الموضوع، المنشور عام ١٥٨٥، أوضح تماماً لمن يتوجه بهذا العمل. إذ كتب يقول: «سيمون ستيفن يرجو العافية، للفلكيين والذين يقومون بقياس الأراضى وقياس الأقمشة ومُقدرى الضرائب، ولجملة من يقومون بقياس

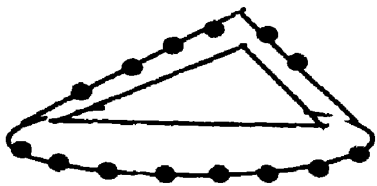
(١) نظام القيد المزدوج Double-entry فى مسك الدفاتر يعنى تنظيم الحسابات على صورة دائن ومدين. وهذا النظام متبع حتى يومنا هذا فى الشركات، والبنوك خصوصاً فى الحسابات الجارية وهو نظام يعطى صورة منظمة وواضحة وصريحة تماماً لحسابات الأموال. (المترجمة)

أحجام الأجسام الصلبة، وعد النقود، ولكل التجار». وفي موازاة ابتكاراته العملية قام بإحراز خطوات تقدمية في نظرية الحساب. فقد أقامها على أساس فكرة الصفر، بدلاً من الواحد، أو الوحدة، واعتبر الصفر مناظراً للنقطة في علم الهندسة، وإذا كانت النقطة تناظر الرقم العيني (صفراً)، فإن الجذر التربيعي المناظر لطول على خط ما هو الآخر رقم عيني، ليس منافياً للعقل. ووفر هذا مفتاحاً لأساس منطقي متسق للجبر، يسر كثيراً من تطوره.

وأصبح ستيفن، من حيث هو مهندس موان ومهندس عسكري، مهتماً بالميكانيكا وعلى وجه الخصوص بمبادئ الهيدروستاتيكا[1]، فقد كان تفهمها أمراً جوهرياً لتقدم بلد يعتمد على نظام من القنوات لمصارف المياه وللنقل، ويمكن أيضاً تحويله إلى نظام دفاعات حربية. امتلك ستيفن ناصية مؤلفات أرشميدس في الاستاتيكا والهيدروستاتيكا وقام بمد نطاقها، فأخيراً أصبحت هذه المؤلفات أيسر منالاً بكل ما في الكلمة من معنى، وأيضاً أصبح المهندسون على إعداد علمي أفضل بحيث يمكنهم تقدير قيمتها. وأثبت ستيفن أن جذب جسم على طول منحدر سطح مائل يتناسبُ طردياً مع شدة انحناء المنحدر وأثبت ذلك عن طريق الاستعانة برسم تخطيطي[2]، وفيه يعلق حول إسفين عقدمتصل يحوي أربع عشرة كرة متساوية. الضلع الأطول من الإسفين أفقي، بينما نجد أحد الجانبين المائلين انحداره نصف انحدار الجانب الأقصر. فريست أربع كرات على

(١) الهيدروستاتيكا أو علم الموائع الساكنة هي بحث رياضي يدرس قوى وضغوط السوائل وهي في حالة سكون. (المترجمة)

(٢) الرسم التخطيطي كالآتي:



ويعد هذا مناط إبداع ستيفن، فهو إثباته لقانون السطح المائل الذي ينص على:

الجانب الأطول، بينما رست كرتان فقط على الجانب الأقصر. أما سلسلة الكرات الثمانية تحت هذا فتبقى فى قوس متوازن «احتكم ستيفن إلى الحدس البديهى بأن عقد الكرات لن ينزلق دائراً فى حركة مستمرة، أى إلى الحدس البديهى بأن الحركة الأبدية مستحيلة. وهذا حل ينطوى على عبقرية فذة، وكان ستيفن سعيداً به حتى أنه جعل منه صورة فى غلاف واحد من كتبه، مع عنوان تفسيرى باللغة الهولندية[1] هو «Wonder en iS gheen wonder»، أى «السحر ليس سحرياً».

لقد أدرك ستيفن بوضوح مبدأ توازى أضلاع القوى، وهو مبدأ ضرورى لتطور الميكانيكا والمناهج العلمية للإنشاءات. وأثبت فى الهيدروستاتسكا أن ضغط الماء على قاع الإناء لا يعتمد على شكل الماء ولا على حجمه، بل فقط على العمق. ومن هذا صاغ «المفارقة الهيدرستاتيكية»، أى أن الماء أو أى سائل آخر يمكن أن يمارس ضغطاً

$$\frac{و_1}{و_2} = \frac{ل_1}{ل_2}$$

= حيث (و) الوزن، و(ل) الطول، مما يعنى تناسب الوزنين مع الطولين كشرط للاتزان على السطح المائل (راجع: فوربس وديكستر هوز، تاريخ العلم والتكنولوجيا، ترجمة د.أسامة الخولى، مؤسسة: سجل العرب، ط١ ، القاهرة، سنة ١٩٦٧ ، ص٢٠٤-٢٠٨)

(١) كما ذكر المؤلف، كتب ستيفن الهولندى مؤلفاته العلمية باللغة الهولندية، اقتناعاً منه بأن لغته الوطنية لا تقل صلاحية - إن لم تزد - عن اللاتينية. وهذا اتجاه سار فيه العلماء الشبان فى سائر البلدان الأوربية آنذاك، من أمثال ليون باتستا ألبرتى الذى كتب بلغته الإيطالية وروبرت ريكرد الذى كتب بلغته الانجليزية وألبرخت دور الذى كتب بلغته الألمانية، على أن ستيفن وفق توفيقاً ملحوظاً فى صياغة مصطلحات هولندية بدلاً من اللاتينية حتى أنه ترك تأثيراً مازال باقياً على اللغة الهولندية، وكان الباعث على هذا رغبته فى جعل العلم متاحاً لطبقات الشعب كلها وأن يعبئ بهذا كل القوى الذهنية القادرة على دراسته، إيماناً منه بأهمية العلم الهائلة فى المستقبل ولكن من المفارقات أن أعماله لم تعرف خارج هولندا إلا بترجمتها إلى اللاتينية فى المؤلف الشامل (مذكرات رياضية) (عام ١٦٠٨) ثم عرفت على نطاق أوسع فى كتاب (مؤلفات رياضية عام ١٦٣٤)، والذى أعده ألبيرجيرار بعد وفاة ستيفن (عن المرجع المذكور). (المترجمة)

على قاع الإناء قد يفوق كثيراً وزنه. واستنتج ضغط الماء على جوانب السفن، وأثبت انه لكى تكون السفينة متوازنة، فلابد وأن يكون مركز ثقلها أوطأ من مركز ثقل المياه التى تزيحها بالإضافة إلى أن يكون لها ككل مركز ثقل منخفض. وهذا أحد مبادئ التصميم العلمى للسفن، وكان مساهمة أساسية فى العصر الجديد ـ عصر الملاحة والتجارة عبر المحيط.

قام ستيفن أيضاً بتنفيذ تجربة على معدل سقوط الأثقال، وغالباً ما تعزى هذه التجربة إلى جاليليو على أنه قام بها من برج بيزا المائل. إذ قام ستيفن مع جون جروتيوس J.Grotius بإسقاط كرات صغيرة من الرصاص، ولاحظا أنها سقطت بنفس السرعة وبصورة واضحة. وعلى أية حال، وجدا أن كرة الخيط تسقط أسرع مما يسقط خيط على حدة.

واشتملت إنجازات ستيفن على تسخير قوة الرياح للنقل البرى. وصنع للأمير موريس مركبة تحمل ثمانية وعشرين شخصاً وتسير بالأشرعة. وكانت تجرى على طول الشطآن الناعمة بسرعة أعلى مما يستطيع فرس يعدو. وبعد حياة خصيبة أسلم ستيفن الروح فى الهاجو Hague عام ١٦٢٠.

وبينما كان ستيفن يمارس عمله فى الأراضى الواطئة، كان تيخو براهه T.Brahe فى جزيرة هفين Hveen على مقربة من ألسينور Elsinor، يبنى مرصداً ومؤسسة للبحث أسماها يوانيبورج Uraniborg ، «مدينة السموات». وفيها شرع فى تطوير علم الفلك الحديث القائم على الرصد، وجمع المعطيات الضرورية لإحراز خطى تقدمية جوهرية أبعد. اتسم عمله بالذكاء العملى والخاصة الدقيقة، وتنفيذ المعايير التقنية الباسقة للنظام الاجتماعى الجديد فى أعطاف علم الفلك القديم.

ولد تيخو عام ١٥٤٦، قبل ميلاد ستيفن بعامين، فى هيلزنبورج Hel-singborg على الضفة الأخرى للقناة من السينور، حيث عاش هاملت

مأساة حياته. وتوفى فى براغ عام ١٦٠١. كان والد تيخو حاكم القلعة فى هيلزنبورج، وعقد العزم على ضرورة أن يغدو ولده تيخو سياسياً، فأرسله إلى جامعة كوبنهاجن وهو فى الثانية عشرة من عمره ليتلقى تعليماً أرقى مناسباً. فدرس البلاغة والفلسفة، وبات على اهتمام حميم بالتنجيم مما دفعه للبدء فى تعلم الفلك. وحينما كان فى الثالثة عشرة من عمره شهد من كوبنهاجن كسوفاً جزئياً، فأثار هذا رغبته فى أن يدرس الفلك أكثر.

وبعد ثلاثة أعوام من العمل المتحمس فى الفلك والرياضيات، أرسل إلى جامعة ليبزج، حيث كان من المفترض أن يواصل دراسة القانون. وخلسةً راح ينفق معظم وقته فى اهتماماته العلمية، وشراء الكتب والأدوات العلمية. حصل على جداول لحركات الكواكب واكتشف فيها عديداً من الأخطاء المؤكدة. وهذه واحدة من الخبرات الفاصلة فى حياته، إذ تركت فيه انطباعاً بالاحتياج إلى رصد أكثر دقة للكواكب. وقبل أن يبلغ عامه السابع عشر بدأ الرصد النظامى لبلوغ هذه الغاية، ومنذ البداية، كشف تيخو عن روح إرشادية فائقة، فضلاً عن مهارة تقنية عظيمة، وفى شهر أغسطس من عام ١٥٦٣، قام بأول رصد أصيل وهام، لاقتران زحل والمشترى، والذى يهتم به المنجمون اهتماماً شديداً وكان التأريخ المصنف من جداول الكواكب المستعمل آنذاك خاطئا ولقد تغير من بضعة أيام إلى شهر كامل.

ثم ظفر تيخو بفريق مساعدين متعددى الجنسيات، كأولئك الذين استخدمهم الملاحون لإجراء الرصودات(١). ووجده عُرضة لأخطاء شتى، ولم يكن قادراً آنذاك على الظفر بفريق أفضل، فسجل أخطاءهم تسجيلاً نسقياً، حتى يمكن تصويبها فى الرصودات المقبلة. إن تيخو يعكس

(١) فى هذه الفرق المتعددة الجنسيات، كان الملاح العربى شهاب الدين أحمد بن ماجد النجدى قائد عام ١٤٩٨ فى سفينة الملاح البرتغالى الشهير فاسكو داجاما فى رحلته التى اكتشفت طريق رأس=

الاتجاه العام للعصر بجعل الرصد الفلكي أكثر جدية. واعتبر كبلر هذا الحدث، وهو في عام ١٥٦٤، كنقطة بدء الفلك الحديث، ففي ذلك العام ارتد هذا العلم من جديد إلى منزلته العريقة على يد «تيخو، عنقاء الفلكيين».

شد تيخو الرحال مجدداً ليواصل دراساته، ذاهباً - مثل هاملت - إلى فيتنبرج؛ وأيضاً مثل هاملت، تعامل هنالك مع عائلتي روزنكرانتس Rosencrantz وجيولدنشتيرن Guildenstern، وهما على صلة قربى به. وكانت فيتنبرج في ذلك الحين مركزاً ناشطاً للتنجيم والفلك والرياضيات. ولهذا السبب كان فاوست الشخصية الخيالية للساحر، يوصف بأنه درس في فيتنبرج. استأنف تيخو المسير إلى روستوك Rostock، وهي مركز آخر للتنجيم والسيمياء. وها هنا دخل في مبارزة، فقد فيها جزءاً من أنفه. فارتدى طوال البقية الباقية من حياته فوق الجزء الشائه من أنفه صفيحة من فلز الإلكترون، أي سبيكة من الذهب والفضة، فضاعف هذا من الصلابة الطبيعية لسيمائه وأكسبه مظهراً لا تخطئه العين. وحين عاد

=الرجاء الصالح وغيرت تخطيط عالم البشر على الأرض. لذا أقامت حكومة البرتغال نصباً تذكرياً لابن ماجد في مرفأ ماليندي بكينيا.

فهذا المرفأ من النقاط الهامة في الرحلة، ومنه قاد ابن ماجد السفينة إلى الهند.

ينحدر ابن ماجد من أسرة عمانية استوطنت نجد جل أقطابها ربابنة. ولكن لم يكن ابن ماجد ملاحاً محترفاً شديد البراعة فحسب، بل هو أيضاً مؤسس ما يسمى بعلم البحر Oceanograph or oceanology وفي مستهل كتابه «الفوائد في أصول علم البحر والقواعد» ينعت بأنه «رئيس علم البحر وفاضله وأستاذ هذا الفن وعامله». وفي العشرينيات من هذا القرن تم اكتشاف مخطوط لابن ماجد يحوي تسعة عشر مؤلفاً في الملاحة الفلكية وفنون البحر. وفي تاريخ العلوم يعتبر هذا المخطوط أهم وثيقة وصلتنا في هذا الصدد من العصور الوسطى على الإطلاق وهي تلقي الضوء على مدى ما بلغه العرب من تقدم في علوم الملاحة وعظم فضلهم وفضل علومهم وفنونهم في الكشوف الجغرافية التي أحرزتها أوربا إبان عصر النهضة.

كما اكتشف المستشرق الروسي كراتشكوفسكي في مكتبة الاستشراق ثمة ثلاث أراجيز لابن ماجد يعبر فيها عن تجاربه وخبراته وتعكس بنيته العقلية وثقافته.

انظر: د.أنور عبدالعليم، ابن ماجد الملاح، دار الكاتب العربي القاهرة، ١٩٦٧.

(المترجمة)

إلى الدانمارك، أعانه الملك على مواصلة أبحاثه الفلكية. فسافر مرة أخرى، إلى أوجسبورج Augsburg، مركز الصناعة الجديدة للماكينات والآلات فاستغل هذه التطورات التقانية لتشييد آلات فلكية مجالها شديد الاتساع والتحسن. وبعد عودته التالية للدانمارك تكرس في البداية للسيمياء أكثر، فقد كانت مرتبطة بالتنجيم. إذ افترضوا أن معادن معينة وكواكب معينة لها تأثيرات متماثلة على الطبيعة. فعلى سبيل المثال، افترضوا أن كوكب المريخ والحديد متصلان على هذا النحو، وكذا كوكب عطارد وفلز الزئبق.

وفي عام ١٥٧٢، تبلور اهتمام تيخو نهائياً بفعل حادثة غير عادية. فبينما كان يسير عائداً من معمله السيميائي إلى منزله، ذات ليلة من ليالي شهر نوفمبر، وفجأة لفت انتباهه بحدة نجم في السماء شديد اللمعان. وكان في كوكبة المنبر (ذات الكرسي Cassiopeia) وكان يعلم أن هذه الكوكبة لم يكن بها من قبل نجم كهذا. وقبل أن يعلق عليه، سأل أناساً آخرين ما إذا كانوا يستطيعون رؤيته، وذلك كي لا يدع نفسه فريسة وهم. وفور عودته إلى المنزل، شرع في رصده بآلة سدس[1] جديدة ومتسعة المجال ووضعه تحت الرصد على مدى شهور عديدة. وعجز عن استكشاف أية حركة من حركاته تتعلق بالنجوم الثابتة. فقد بدا على هيئة نجم عادي، وكان يتلألأ. وأصبح لامعاً لدرجة أمكن معها رؤيته في رائعة ضوء النهار، ثم صار بعد بضعة أسابيع معتماً، وظل من الممكن رؤيته بجملته على مدى عام ونصف العام. ولاحظ أن لونه تغير من الأبيض إلى الأصفر، ثم إلى الأحمر.

لم يتبد ثمة أي شك في أنه نجم «ثابت». وكانت هذه حادثة مستجدة بالكلية في تاريخ علم الفلك الأوربي. ففي حدود النظرية الأرسطية عن بنية الكون لا يمكن تفسير الظهور الغير متوقع لنجم «ثابت» جديد. هكذا

(١) آلة السدس Sextant آلة لقياس ارتفاع الأجرام السماوية. (المترجمة)

أصبح النجم الجديد، وقد اسماه تيخو (النوفا Nova[1])، من حيثيات الدليل على أن النظرية الأرسطية لا يمكن أن تكون صائبة. وفضلاً عن أن النوفا (المستسعر) بكل هذه الأهمية للكوزمولوجيا، أى نظرية الكون، فقد أثبت أنه فى حد ذاته نجم مشوق بصورة غير عادية. فهو ينتسى لما يُسمى الآن بالنمط (الشديد التوهج Super-nova). ويعود توهجه المفاجئ إلى انفجار شئ ما كقنبلة هيدروجينية ضخمة ضخامة نجم. إن واحداً من أنشط المصادر الاشعاعية التى تم اكتشافها بالسماء فى منتصف القرن العشرين كانت من كوكبة المنبر. وعنف الانفجار يجعل النفايات تتحرك بتلك السرعة التى تنتج موجات إشعاعية يرصدها علماء علم الفلك الإشعاعى. هكذا يظل نجم تيخو محتفظاً بأهميته الاستثنائية لتقدم العلم، وبتأثيره عليه.

كتب تيخو لأصدقائه توصيفاً للنجم الجديد. تشككوا فى البداية، ثم نصحوه بنشره. فعارض هذا على أساس أنه لا يليق بالرجل النبيل المحتد أن يؤلف كتاباً، ولكن موقفه اختلف ليتخذ رأى أصدقائه حين وصلت من البلدان الأخرى توصيفات وهمية وخاطئة للنجم الجديد. وأصبح توصيف تيخو المنشور قبل أن يبلغ عامه السابع والعشرين، واحداً من المعالم الرئيسية للانفلاق بين العلم القديم والعلم الجديد. إن اكتشاف تيخو لإمكانية تغير الجزء الذى يبدو ثابتاً من الكون جعل من اليسير وضع كل هيئة للسموات موضع التساؤل والبحث. لقد تعطش لاكتشاف ما إذا كان ثمة أشياء أخرى جديدة فى الكون الذى نفترضه ثابتاً يمكنها إثارة استعداده الفطرى للرصد استثارة عظمى.

(١) المعنى الحرفى للكلمة اللاتينية: Nova: الجديد ــ أى النجم الجديد. ولكن يوضع لهذا النجم فى اللغة العربية اسم (المستسعر) الأصوب والأفضل. فهو نجم يشتد ضياؤه فجأة ثم يخبو فى بضعة شهور أو بضع سنين. ذلك لأنه نجم من نمط يتفجر بالطاقة. بحيث يشع جزءاً صغيرا من مادته على هيئة سحابة غازية؛ الأمر الذى يجعله يبدو أشد لمعاناً بدرجة تتراوح ما بين ٥٠٠٠، ١٠٠٠٠ مرة أكثر مما كان عليه قبل انفجاره. (المترجمة)

وصيته جعله يتلقى دعوة لأستاذية فى جامعة كوبنهاجن. فى البداية رفضها، مرة أخرى لأنه اعتبر العمل الأكاديمى لا يليق بمنزلته من الناحية الاجتماعية، لكنه قبل فى النهاية ويبدو أنه حصل لنفسه على جواز إلقاء المحاضرات باللغة الدانماركية على أساس أن الإغريق كانوا بمثل ذلك التفوق فى الهندسة لأنهم درسوا المادة بلغتهم الأم منذ يفاعتهم. وبرر دراسة الفلك على أساس فائدته لقياس الوقت وارتقائه بالعقل. وتمسك أيضاً بأنه من المستحيل الكفر بالتنجيم بغير الكفر بالرب؛ لأن الإنسان مخلوق من نفس العناصر التى خلقت منها الطبيعة، وعناصره لابد أن تتأثر بعناصر الأجسام السماوية، مثلما تؤثر هذه الأجسام الواحد منها على الآخر.

وبتأييد ملكى، قام تيخو فى هفين بتخطيط وتشييد مؤسسة(١) كانت أكثر من مرصد فلكى. إذ كان فيها معمل سيميائى وورشة لرجل الحرف ومطبعة ومكتبة ومتحف وغرف للضيوف من أجل العلماء الزوار. وخولت له الحقوق الإقطاعية إيراداً للتعيش ومدداً وفيراً من الخدم. وبما أن هذه المؤسسة نُظمت من أجل البحث العلمى، فلعلها كانت عاملاً على تصور فرنسيس بيكون للمنظمة العلمية، التى وصفها فى أطلانطس الجديدة(٢).

كانت أهم إسهامات تيخو تطويره للرصد المنهجى، بأفضل تجهيز متاح. وقد أدرك أن هذا لا يمكن تحقيقه بغير تنظيم ملائم، للعاملين وللوسائل. فحتى ذلك الوقت كان الفلكيون يعتمدون على الرصودات

(١) تلك هى يورانيبورج Uraniborg أو مدينة السموات. (المترجمة)

(٢) كان فرنسيس بيكون F. Bacon (١٥٦١ـ١٦٢٦) نبى المنهج التجريبى، ابن عصره ـ العصر الحديث بكل ما فى الكلمة من معنى، يتمثل واقعه الناهض ويستشرف آفاقه الواعدة. فقد انبلج هذا العصر بإشراقة الثورة على أرسطو ومنطقه القياسى العقيم الذى يقتصر على استنباط القضايا الجزئية من القضايا الكلية. ولما كان هذا المنطق مؤاتياً للتعامل مع الكتب المقدسة الزاخرة بالحقائق الكلية اليقينية، فقد تم اعتماده طوال العصور الوسطى ـ التى كانت عصوراً دينية ـ بوصفه الأورجانون، أى أداة الفكر=

العرضية، والتى نادراً ما تكشف عن التغيرات الطفيفة وهذه لم تتضح إلا بعد الرصد المعزز والمنضبط. واتسع نطاق معداته حتى انه شيّد مرصداً ثانياً على مقربة من المرصد الأساسي، وأسماه شتيرونبورج Stjerneborg، أو «مدينة النجوم». وكانت بعض الأدوات فى هذا المرصد تعمل فى أقبية تحت الأرض، بغيةحجبها عن تأثيرات الرياح وتفاوت درجات الحرارة. وداوم على رصودات الكواكب ليلة إثر ليلة، على مدى عشرين عاماً، تراكمت فيها معطيات أمكن على أساسها إقامة نظرية عن السموات أكثر تقدماً. وابقى تسجيلاته على وضوح مدقق وتنظيم فائق. وظل هيكل رصوداته لا يُبارى فى الضبط طيلة مائة عام، إلى أن جاء زمان جون فلا مستيد J. Flamsteed (١٦٤٦ ـ ١٧١٩). وكان أول من اختط مدار الكواكب عن طريق اتخاذ الرصودات طوال مساره، بدلاً من اتخاذها فى بضعة

= كما أسماه أرسطو ومنهج البحث المعتمد. فتضيع هذه العصور بأسرها فى استنباط الأصول من الفروع والهوامش عن المتون.. الخ، ولا جديد البتة ولا مساس بآفاق المجهول الرحيبة، ولا تعامل مع الواقع التجريبى الحسي، فالتجربة قرينة المادة والحواس اللذين هما أصل كل شر وخطيئة فى عقيدة الغرب المسيحي.

وارتهن إغلاق أبواب العصر الحديث برفض هذا المنهج العقيم والبحث عن مناهج أخرى أجدى، حتى لقب القرن السابع عشر بعصر المناهج: منهج ديكارت ـ مالبرانش: البحث عن الحقيقة. فلاسفة بور روبال: فن التفكير ـ سبينوزا: رسالة فى إصلاح العقل ـ ليبنتز: يحلل ويبحث فكرة منهج رياضى... وتصدرهم جميعاً بيكون بتأكيده على الضد الصحيح للاستنباط العقلى، أى على الاستقراء التجريبى. فأخرج كتابه (الأورجانون الجديد) البديل لأورجانون أرسطو القديم والعقيم، فى أول معالجة فلسفية متكاملة لمنهج العلم التجريبى، تبلور روح عصرها، فهذا هو المنهج الحديث.. أداة الإنسان الحديث.. فى العصر الحديث.. لتشييد نسق العلم الحديث، وعلى الرغم من القصورات والشوائب الجمة فى (أورجانون بيكون)، فإنه أقوى إعلان بارتفاع المنهج التجريبى إلى مركز الصدارة ومجئ عصر العلم، ويعد بمثابة «المانفستو الفلسفى» لحركة العلم الحديث.

من الناحية الأخرى، نجد هذه المرحلة عايشت صلب التحول والانتقال من العصر الوسيط إلى العصر الحديث، وتغير الثوابت واهتزاز الركائز جعل (اليوتوبيا) ـ أى تصور المدينة الفاضلة ـ يلح على الأذهان. وبيكون ابن عصره، لذا فرغم استبداد المشروع العلمى بمجامع عقليته، فإنه لم يتوان عن السير فى ركاب اليوتوبيا، وأخرج كتابه (أطلانطس الجديدة) وهو يوتوبيا، وبطبيعة الحال، أو بطبيعة فكر بيكون، يوتوبيا علمية.

يروى لنا أنه أقلع مع رفاقه من بيرو إلى شرق آسيا. لكن الريح العاتية هبت لتدفعهم إلى جزيرة، أذهلهم رغد العيش فيها وهناءة أهلها مدينة بلا ساسة ولا طلاب مراكز ولا دسائس. وتم استضافتهم فى=

مواضع. ومحصلة هذا، أن كان أول من عين مدار الكواكب بالكلية على أساس الرصد، وبغير أى افتراض عن كيفية تحركه. وتأدى به هذا إلى أول شك قائم على أساس ملائم فى أن مدارات الكواكب دائرية. واقترح أنها ربما كانت إهليلجات على شكل المحيط الخارجي للبيضة.

لم تكن عبقرية تيخو عبقرية نظرية. لم يحظ بذلك النوع من الخيال الرياضى المطلوب لإحراز خطى تقدمية تفوق المفاهيم الجوهرية القديمة، على أساس من رصوداته الخاصة. وإنه لكثير جداً أن نتوقع منه عبقرية متكافئة في النظرية والرصد على السواء. وهو على أية حال أدرك أن رصوداته ذات تضمنات ثورية، حتى وإن لم يستطع هو نفسه أن يبلغها تماماً.

وظهر عام ١٥٧٧ مذنب، وضعه تيخو تحت الرصد المنهجي، واكتشف أنه على بعد شاسع من الأرض، وليس من المحتمل أن يكون ظاهرة فى

=بيت فريد يقع في منتصفها، هو محورها أو أهم ما فيها، يسمى (بيت سليمان) خصص للبحوث العلمية التى لا تترك كائناً إلا ودرسته فيسمى هذا البيت (معهد مخلوقات الأيام الستة) أى الكائنات جميعاً، أو كل ما خلقه الله فى أيام الخلق الستة.

ثم دخل الزوار إلى غرفة رئيس البيت الفاخرة، وراح يحدث بيكون عن هذا البيت، المعدات والأجهزة، إنها فى كهوف عميقة للتبريد وحفظ العناصر وابتكار المعادن.. وفى أبراج عالية للرصد الفلكى واستغلال الريح ودراسة الطقس ومراقبة الطير.. وثمة بحيرات عذبة ومالحة لدراسة الأسماك وشلالات لدراسة قوى الماء.. وآبار وعيون.. دور للاستشفاء ومعامل للأدوية.. مراكز لتفريخ الحشرات والزواحف.. حدائق وبساتين ومزارع ومراع، لدراسة الزهور والفاكهة والخضر والنباتات والدواجن.. وتحسين أحوالها.. معاصر للشراب وللتخمير ومطاحن ومخابز ومطاه.. على الإجمال معامل ومراكز للبحث لا تترك شيئا فى الواقع التجريبى إلا ودرسته لتتملك ناصيته فتسخره لخدمة الإنسان، وتعمل على إنتاج الجديد الذى يفيد الإنسان وينفعه.

إنه المجتمع العلمى التقاني الكامل المتكامل الذى كان يحلم به بيكون فى القرن السابع عشر. والآن على مشارف القرن الحادى والعشرين تجد الحضارات فى أوربا وأمريكا والشرق الأقصى سارت شوطاً بعيداً فى إنجاز هذا الحلم فمتى سنقطع نحن شوطاً لنا؟ SEE. FRANCIS BACON, NEW ATLANTIS, A.B. GOUGH (ED), OXFORD, 1915.

(المترجمة)

الغلاف الجوى، كما تقر النظرية الأرسطية وعضد مذنب عام ١٥٧٧ التضمن الذى عضده النجم الجديد البازغ عام ١٥٧٢، أى أن التصور القديم للكون، الذى شرحه بطليموس بكل ذلك الكمال، لا يمكن أن يكون صائباً. وجعله هذا ينظر إلى نسق كوبرنيقوس بعين التعاطف، واعترف بأنه أعطى النتائج الرياضية الصائبة، ولكنه لم يستطع أن يتقبله، إذ بدا له متعارضاً مع قوانين الفيزياء، فضلاً عن تعارضه مع الإنجيل. وعجز عن الاقتناع بأن جسماً ضخماً كالأرض يتحرك، ومن ثم اقترح أن الأرض فى الواقع ساكنة وأنها فى مركز الكون، مع الشمس والقمر والنجوم الثابتة، التى تدور حولها بينما تدور الكواكب الأخرى حول الشمس. لقد كانت نظرية تيخو حلاً من رجل عملى للتوفيق بين النظرية القديمة أوالنظرية الكوبرنيقية. إن نظرية كوبرنيقوس هيأت موطئاً شاقاً للخطى التقدمية الأبعد لأنها كانت جذرية التغيير إلى كل ذلك الحد وأيضاً ليست دقيقة بما يكفى.

وفى عام ١٥٨٨ توفى راعى تيخو، ملك الدانمارك فردريك الثانى. وكان الملك الشاب الجديد اقل اهتماماً بعمل تيخو، فقام بتخفيض الإعانة المالية ليورانيبورج (مدينة السموات). لم يكن تيخو مستعداً للهبوط بمستويات المرصد فبحث عن الرعاية من مكان آخر. كتب تقريراً موجزاً عن حياته وأدواته الفلكية، مع ملخص باكتشافاته، واحتوى هذا على جمعه لمعطيات منضبطة لموقع ألف من النجوم ومجموعته الضخمة من رصودات الكواكب والقابلية للتغير فى انحراف مدار القمر وشذوذ جديد فى حركة القمر ومعطيات أكثر دقة حول حركة الشمس. وقام بطبعها كنوع من نشرة تمهيدية، أهداها إلى رودلف الثانى، فأشّر عليها بأن تيخو سيكون على الرحب والسعة فى براغ، بمعية معداته، ووهبه مركز «العالم الرياضى صاحب الفخامة Imperial Mathematican».

* * *

الفصل الثامن

عالما الرياضة صاحبا الفخامة

قرر تيخو الذهاب إلي براغ. وصلها عام ١٥٩٩، ووهبت له قلعة كمركز إدارة لمرصده. فنصب آلاته وشرع فى رصوداته. واجهته صعوبات، لكنه أيضاً أحرز نجاحاً باهراً، ونجح في استمالة عالم الرياضيات والفلك الألمانى الشاب، يوهانس كبلر، كى يأتى إلى براغ(١).

وصل كبلر عام ١٦٠٠، عندما كان فى الثامنة والعشرين من عمره، وكان تيخو فى الرابعة والخمسين. استخدم الإمبراطور كبلر ليقوم بحساب جداول جديدة لحركات الكواكب، من رصودات تيخو.. توفى تيخو بعد هذا بوقت قصير، فى عام ١٦٠١. وعلى فراش الموت رجا من كبلر إتمام جداوله، مستعملاً نظريته للكون كإطار للعمل، وتفضيلها على نظرية كوبرنيقوس. أكمل كبلر الجداول ونشرها بعد هذا بأكثر من ربع قرن، فى عام ١٦٢٧، بيد أنه استعمل النظرية الكوبرنيقية، وليس نظرية تيخو، وتعرف هذه الجداول باسم الجداول الرودلفية. على شرف راعيهما صاحب الفخامة.

ولد كبلر على مقربة من شتوتجارت Stuttgart فى السابع والعشرين من ديسمبر عام ١٥٧١. والده جندى مرتزق، ووالدته ابنة صاحب فندق صغير. وكان طفلاً هزيلاً، كليل البصر، مما حال بينه وبين أن يصبح

(١) أصدر كبلر عام ١٥٩٦ كتابه (لغز الكون)، فلفت هذا الكتاب انتباه تيخو بشدة لأكثر من سبب، منها وجود ستة كواكب بالتحديد كما كان معروفاً آنذاك، وأن النسب بين بعدها عن الشمس هى نفس النسب المحددة فى نظرية كوبرنيقوس، ومن ثم كانت دعوة تيخو المذكورة لكبلر، وقد قبلها كبلر هرباً مما كان يعانيه من إجراءات مضادة للبروتستانتية. (المترجمة)

فلكياً يقوم بالرصد. راحت أمه تنشغل بالأعشاب الطبيعية، وربطت بين هذا وبين الاهتمام بالسحر والتنجيم. فصدرت إدانة نهائية ضدها بممارسة السحر، ونجت من الشد إلى خازوق والحرق فقط عن طريق معركة قانونية دامت ست سنوات خاضها ولدها، وقد أصبح ذا شهرة عالمية. وبمثل هذه الخلفية، من الطبيعى أن يشب كبلر مهتماً بعلم التنجيم. وقد وقع على عاتق جديه عبء تنشئته، فأرسلاه إلى مدرسة محلية للحرفيين. ولعل هذا هو الظرف الوحيد السعيد إبان يفاعته، لأن البروتسانتيين فى هذا القطاع من ألمانيا قد هيئوا نظاماً تفصيلياً جيداً من المدارس لكى يقاوموا النفوذ الكاثوليكى. وعلى الفور عرفت قدرته العقلية، وفى سن السابعة عشرة، انتقل إلى المدرسة المحلية للنحو، وها هنا تلقى الصبى الموهوب تشجيعاً بالمنح الدراسية كى يتأهل للكهنوت البروتستانتى. ومطامح مثل هذه المهنة استبدت بمجامع كبلر. واجهته صعوبة هينة فى الوصول إلى الجامعة، جامعة توبنجن، وفى التخرج فى الفلسفة بجهوده الخاصة، وحضر فى هذه الجامعة محاضرات ميستلين Mastlin ، وهو واحد من أفضل الفلكيين فى العصر، درّس النظرية البطلمية القديمة ولكن قام سراً بشرح النظرية الكوبرنيقية للكون.

إن دراسات كبلر الفلسفية، والتقليد الإنسانى للعصر، قد شوقاه فى الفلسفة الإفلاطونية، وراق لمواهبه الرياضية تفسير الكون فى الحدود الحسابية والهندسية. ونظرية إفلاطون فى أن الكواكب تبعث تناغمات سماوية راقت بعمق لكبلر. ومن أقوى الدوافع التى حثته على البحث إنما هو اكتشاف خصائص للنظام الشمسى، كانت حسبما اعتقد تحدث التناغمات السماوية. بل إن كبلر فى واحد من أعظم أعماله، وهو كتاب «تناغم العالم» «Harmony of World» قد سجل بالتدوينات الموسيقية ماذا يكون التناغم السماوى كما آمن به(١).

---

(١) الواقع أن رد التكوين العقلى لكبلر إلى الفلسفة الإفلاطونية فحسب هو نوع من التبسيط المخل، خصوصاً وأن عقليته لم تكن علمية خالصة كعقلية جاليليو مثلاً، بل تنازعته تيارات شتى فلسفى وميتافيزيقية، ثيولوجية وغيبية.=

وفى عام ١٥٩٤، عمل كبلر معلماً للرياضيات بالكلية البروتستانتية فى جراتس Gratz وبالإضافة إلى مهامه كمعلم، تم تعيينه «العالم الرياضى للمقاطعة»، أو المُنجم، وتكسب كبلر معظم دخله طوال حياته من عمله كمنجم، وكلما مارس التنجيم أكثر، أصبح أقل إيماناً به، وفى

= وأول ما يقال إن كبلر كان فيثاغورياً أكثر منه إفلاطونياً، خصوصاً وأن مساريّ هاتين المدرستين لا يفترقان. فكان كبلر، كأفلاطون، متأثراً تأثراً عميقاً بفكرة الأعداد المقدسة الفيثاغورية. واعتقد أن الله خلق الكواكب وفقاً لمبدأ الأعداد التامة الفيثاغورى. «وكان كبلر طوال حياته يبحث عن هذا المبدأ، وإن لم يجده أبداً. والتاغمات (الهارمونيات) السماوية الرياضية التى هى أساس فكر كبلر، إنما هى صلب الفلسفة الفيثاغورية.

وثانياً، رفض كبلر نظام رائده تيخو، الذى لا ينص صراحة على مركزية الشمس واختلاف منزلتها عن منزلة الأرض ـ لأنه كان فى صدر شبابه، وعلى الرغم من ملته البروتستانتية، يعتنق عقيدة تعبد الشمس، حتى أنه أسماها (الاله المرئى). فآمن بأن المكان الوحيد الملائم لهذا النجم العظيم هو مركز الكون. من هنا بدأ انتصاره للنظرية الكوبرنيقية وتفضيلها على نظرية رائدة تيخو. ثم تعضد هذا بتوافقها مع الحسابات الرياضية الأبسط لرصودات تيخو.

(E.A.Burtt, The Metaphysical Foundations of Modern science, Routledge & Kegan Paul, London, 1980. pp. 56:71)

وثالثاً: آمن كبلر بالتنجيم إيماناً فاق كل حد. وجعله يعتقد بفكرة أرواح للكواكب. وألهمه التنجيم بالاعتقاد فى قوة تنبثق كأشعة الضوء عن الشمس، فتسبب حركة الكواكب بما فيها حركة الأرض، وتفسر مد البحار كنتيجة لتأثير القمر. وهذا جعل فريق العقلانيين من أمثال جاليليو وديكارت وبويل لا ينظرون بعين الاعتبار لأعمال كبلر، لأنها تنتمى للتنجيم أكثر مما تنتمى للفلك، ويرفضون نظرياته لأن أصولها تجاوزت حدود العقلانية.

(K. Popper, Conjectures And Refutaion, P.188-189.)

ومع كل هذا، فإن الدوافع العلمية والقدرات الرياضية العالية هى التى تأدت بكبلر فى النهاية إلى أعظم إبداعاته، بل وثورته المناظرة للثورة الكوبرنيقية، التى كان لها أعظم الأثر فى تطوير علم الفلك والعلم الحديث بجملته، أى إثباته أن مدارات الكواكب أهليلجية وليست دائرية. وبرتراند رسل يعدها ثورة مناظرة للكوبرنيقية، من حيث إنها ثورة على الاعتقاد الإغريقى والوسيط بأن الأجرام السماوية مقدسة، وبالتالى لابد وأن تدور فى الشكل المقدس، وهو الدائرة الكاملة.

(Bertrand Russel, The scientific Outlook, Routledge & Kegan Paul, London, 1934. p. 23..

(المترجمة)

النهاية وصفه بأنه الابنة الغير شرعية للفلك، والتى تكفل لأمها مع هذا القدرة على ضمان الحياة.

لقد اعتنق كبلر النظرية الكوبرنيقية اعتناقاً مفعماً بالحماس. فهى تمكن من حساب المسافات التناسبية بين الكواكب. وراق هذا لأفكار كبلر الأفلاطونية، فقرر أن يبحث عن «العدد»، حجم وحركة الأجرام السماوية، كى يكتشف «لماذا هى على ما هى عليه، وليست على أى نحو آخر». وأعمل خياله المدهش فى تصور أنواع مختلفة من النسب بين الأشكال، ثم المقارنة بينها وبين المسافات الكوكبية التى تم رصدها. وأذهله أنه إذا رُسم مكعب مُمارس لمدار زحل، فإن مدار المشترى سوف يتوافق داخل هذا المكعب.

وإذا رُسم مجسم رباعى السطوح مماس لمدار المشترى، فسوف يمكن رسم مدار المريخ كمماس داخل المجسم رباعى السطوح[1].

وقد وصف هذا الكشف فى كتابه «لغز الكون» «Mystery of the universe»، الذى كفل له لفت انتباه تيخو، وبخلاف تيخو، أرسل كبلر نسخاً لجاليليو وآخرين شكره جاليليو على نسخته وهنأه على التأييد العلنى للنظرية الكوبرنيقية، والذى حُرم هو من أدائه بسبب الظروف. ويبدو أنه لم يقرأ هذا الكتاب تماماً من أوله لآخره إذ كانت عقلية جاليليو ناصعة الوضوح، فلم ترق له خيالات كبلر، المؤلفة من خليط من جموحات وأفكار غير مكتملة التكوين انبثقت عن أدهى عبقرية، وعلى الرغم من هذا اعترف بمضاء عقلية كبلر.

قال كبلر إن الهندسة انعكاس لعقل الرب. واعتقد أنه باكتشافه للعلاقات العددية بين نسب النظام الشمسى، إنما يكتشف المخطط

---

(١) المجسم الرباعى السطوح هو المثلث المجسم. أ المنشور وكبلر يحاول ها هنا أن يوجد علاقة بين تركيب النظام الشمسى وبين النظرية الهندسية للمجسمات المنتظمة الخمسة. (المترجمة)

الهندسى والذى عليه خلق الرب الكون. واعتبر الشكل الهندسى للكرة رمزاً للثالوث المقدس. فيمثل المركز الرب؛ والسطح يمثل الابن، والحجم يمثل الروح القدس. كان يحلم بارتياد الفضاء، وهو واحد من مؤسسى أدب الخيال العلمى.

لم يعد وضع كبلر فى جراتس مريحاً، بسبب ضغوط النفوذ الكاثوليكى، العامل على توليد القوى المضادة للإصلاح. فقرر أن يقبل اقتراح تيخو بالذهاب إلى براغ، واعتقد أن المعطيات الأكثر دقة عن النظام الشمسى والتى جمعها تيخو قد تعطى إمكانية لحل اللاتوافق بين نسب النظام الذى وضعه للأشكال المماسة المرسومة وبين النظام الشمسى. واجهته صعوبة فى الاتفاق مع تيخو براهه، فعاد بعد عامين إلى جراتس، حيث حاول أن يتوصل إلى تفاهم ما مع النفوذ الكاثوليكى. ورفع نشرة تمهيدية للعمل الذى يتأهب لتنفيذه تحت رعايته. قال فيها إنه يعتزم تفسير تحركات القمر على أساس أن حركته ليست مطردة، وأن ثمة قوة فى الأرض هى سبب حركة القمر. وينتج عن هذه النظرية أن القمر كلما كان أبعد عن الأرض، كانت حركته أبطأ.

شرع كبلر فى صياغة تفسير للنظام الشمسى على أساس القوى الفيزيائية أما النظام القديم، فيفسر حركات الكواكب فقط فى حدود العدد والهندسة، أى فى حدود النظرية الكينماتية[1]، ولا يستحضر قوى فيزيائية.

على أية حال، عجز كبلر عن التراضى مع النفوذ الكاثوليكى، ومن ثم قفل عائداً إلى براغ، حيث عينه رودلف خلفاً لتيخو فى منصب «العالم

---

(١) الكينماتيةKinematical هى التى تقتصر على وصف الحركة فقط دون التعرض للقوى المحدثة لها، وكانت فرعاً من الميكانيكا القديمة وصارت إلى زوال، لأن العلم فيما بعد ادرك استحالة أو على الأقل عبثية التفكير فى الحركة بصورة مجردة من القوة المحدثة لها أو الطاقة أو السرعة... الخ.
(المترجمة)

الرياضى صاحب الفخامة» كان الإمبراطور مهتماً بالتنجيم والسيمياء أكثر كثيراً من اهتمامه بالسياسة الكاثوليكية. فاستمر فى الحكم حتى عام ١٦١١، أى حتى جعل الساسة الكاثوليك أخاه يغتصب منه العرش، حين استشاط غضبهم باختلافه معهم، وقضى نحبه فى براغ عام ١٦١٢. بقى كبلر فى المدينة إلى ما بعد وفاة رودلف، ثم ارتحل إلى لينز Linz.

يتعرض كوكب المريخ فى حركته لأكثر الشذوذات صراحة. وقد وضعه تيخو تحت رصد شديد العناية، وطلب من كبلر أن يبحث فى معطياته الجديدة، ونجمت واحدة من أكثر مشكلات البحث عضالاً من الشذوذات فى حركة الأرض ذاتها. هكذا امتزجت فئتا الشذوذات وبدتا غير قابلتين للحل. واكتشف كبلر كيف يمكن الفصل بين هاتين الفئتين من الشذوذات، وبهذا بسط من أمر التحليل تبسيطاً جماً. مكّنه هذا من النظر فى حركة المريخ فى حد ذاتها. وقام بحساب ما يمكن أن تكون عليه وفقاً لسبعين فرضاً مختلفاً. وأسفر واحد من هذه الفروض عن حساب لمدار يتفق فى حدود عشر درجة مع رصودات تيخو، لربما كان هذا من الخير بما يرضى كل إنسان تقريباً، لكنه لا يرضى كبلر. إذ عرف أن رصودات تيخو اتسمت بدقة أعلى من هذا. وهكذا على حد تعبير كبلر: «طالما وهبنا الرب فى شخص تيخو راصداً على أعلى درجة من الدقة.. فلابد أن نعرف قدر هذه الهبة الإلهية وأن نفيد منها... ولكن طالما لا يمكننا إهمال هذه الدقائق الثمانى فإنها بمفردها قد فتحت الطريق نحو إصلاح علم الفلك».

وظل يحاول المزيد من الترفيقات للحركات الدائرية، ولكن لا واحد منها أعطاه اتفاقاً كافياً. ثم بذل، متبعاً فكر تيخو، محاولات فى البيضاويات التى تشبه شكل البيضة، وفى النهاية، حاول فى الشكل البيضاوى المستوى تماما، أى الاهليلج. وفى هذا أيضاً لم يسر الأمر إذا

كانت الشمس موضوعة فى مركز الإهليلج؛ ولكن فى النهاية حصل على اتفاق مرضٍ بوضع الشمس فى إحدى البؤرتين. فكانت مدارات الكواكب إهليلجية!

وتلك هى خاتمة العقيدة القاطعة العتيقة فى الدائرة على أنها الشكل الضرورى لحركة الكواكب، والشكل الأوحد المحتمل لها. وكانت من أعظم النقاط المميزة للخط الفاصل بين العلم القديم والعلم الحديث.

وطالما أقيم الدليل على أن الحركة الدائرية للكواكب ليست ضرورية أو قانوناً من قوانين الطبيعة، فلا مندوحة من إرجاع تحركها إلى سبب ما آخر. وبدأ يخامر كبلر أن هذا لابد أن يكون مرتبطاً بالشمس. فأطلع على كتاب جيلبرت (فى المغناطيس)، وفكرته بأن القوى المغناطيسية ربما تؤثر على الأجرام السماوية وقراءته لجيلبرت أعانته على تعضيد اعتقاده بأن الشمس تؤثر على حركة الكواكب عن طريق نوع ما من القوة الفيزيائية.

وتابع اكتشافه لحركة الكواكب فى إهليلجات، وبجهد آخر من العبقرية والمثابرة العنيدة، اكتشف أن الخط الواصل بين الشمس والكوكب يقطع مساحات متساوية فى الأزمنة المتساوية من حركة الكوكب.

ونشر قانونيه الأولين لحركة الكواكب فى كتابه (علم الفلك الجديد) (New Asrtonomy)، الصادر عام ١٦٠٩. وفى العام التالى أعلن جاليليو كشوفه الفلكية الرائعة بمقرابه. وأعلى كبلر من قدر هذه الكشوف بحماس مفرط. وعلى الفور شرع يفكر فى مبادئ المقاريب (التلسكوبات). واخترع المقراب الفلكى. الذى يعطى صورة مقلوبة لكن بتضخيم أكبر بينما كان مقراب جاليليو هو مقراب الأوبرا، الذى يعطى صورة منعدلة ولكن بتضخيم أقل. لقد وضع النظرية الهندسية للعدسات، بصورة تقترب كثيرا من تلك التى لا تزال مطروحة فى الكتب التدريسية. تم إنجازها هذا إبان الاضطراب فى أواخر حكم رودلف.

وفى نفس الوقت واصل سعيه لبلوغ العلاقات الرياضية الأساسية فى نسب الكون. وبعد العديد الجم من المحاولات والحسابات، اكتشف فى الخامس عشر من مايو عام ١٦١٨، أن مربعَى الزمنين اللذين يقطعهما كوكبان لرسم مداريهما يتناسبان مع مكعبى متوسطى المسافتين بينهما وبين الشمس(١) والحق أن هذا القانون الثالث لحركة الكواكب كان اكتشافاً مذهلاً، وكبلر نفسه قال هذا بنشوة الظافر وبعد أن وضعه بوقت قصير كتب يقول:

«لقد أسلمت مجامع نفسى لنوبة من الجنون المقدس. وإنى أتحدى الموتى محتقراً إياهم بالمجاهرة الصريحة: لقد نهبت أوانى المصريين الذهبية كى أؤثث معهم معبداً مقدساً لإلهى، بعيداً عن تخوم مصر. إن غفرتم لى، سأكون سعيداً وإن نقمتم علىّ، سأتحمل هذا. حسناً إننى إذن سألقى بالنرد، وأكتب كتاباً للحاضر، أو للأجيال القادمة. كل هذا سواء عندى. فقد ينتظر الكتاب قارئة مائة عام، مثلما مكث الرب أيضاً ستة آلاف عام فى انتظار متأمل ما».

وبالإضافة إلى قوانينه الكوكبية، ساهم فى مواضع أخرى عديدة من علم الفلك وعزا المد والجزر إلى قوى فيزيائية من القمر، وتمسك بأن هالة الشمس التى تُرى إبان الكسوفات الشمسية، جزء من الغلاف الجوى للشمس، وفسر مسلك ذيول المذنبات التى تبعد عن الشمس، بوصفه راجعاً إلى قوة شمسية طاردة. وبجانب بصرياته الفيزيائية، حبذ

---

(١) أو بتعبير آخر : بالنسبة لأى كوكبين، مربعا زمانهما الدورى يتناسبان مع بعضهما بنفس النسبة بين مكعب متوسط المسافة بينهما وبين الشمس. أى أن نسبة مكعب نصف المحور الطولى للمدار إلى مربع وقت الدوران واحدة لجميع الكواكب.

C.D. Broad, Ethics And The History of Philosophy, Routledge &Kegan Paul, London, 1952, p/ 8.

والخلاصة أن النسبة ثابتة بين بُعد الكوكب عن الشمس وبين الزمن الذى يتم فيه دورته، فكلما ابتعد الكوكب عن الشمس، قطع مداره فى فترة زمنية أطول. (المترجمة)

استخدام اللوغاريتمات، وحين استجاب لمطالب بحساب حجم براميل خشبية بجوانبها المنحنية، أحرز خطوات تقدمية نحو ابتداع حساب التفاضل والتكامل.

ولعل أثرى إسهامات عبقرية كبلر قد تأتت من خصوصية الجانب اللاواعى من عقله. لقد استحضر فى ذهنه أفكاراً فائقة من أعمق أعماقها. وفى مقابل هذا نجد معاصره العظيم الأكبر قليلاً فى السن، جاليليو، يحظى بعقلية تعمل فى المقام الأول وقبل كل شئ بالتفكير الواعى. لقد كان جاليليو على وضوح ناصع وكان منطقياً، وفى المقارنة مع كبلر يتبدى أكثر عقلانية وحداثة.

* * *

الفصل التاسع

أخر الإنجازات العظمى للعلم فى عصر النهضة

فى الخامس عشر من فبراير عام ١٥٦٤، ولد فى بيزا جاليليو جاليلى، إنه نفس العام الذى ولد فيه شكسبير، وقد توفى فى عام ١٦٤٢، الذى شهد ميلاد إسحق نيوتن. وينحدر جاليليو عن إحدى العائلات القيادية فى فلورنسا. فقد كان والده موسيقياً مبرزاً، درس كبلر أعماله حينما كان يحاول اكتشاف التناغمات فى السموات. وكان الوالد نصيراً مفوهاً للبحث العقلى الحر، وربما ترك ذلك تأثيراً هاماً فى تشكيل اتجاه جاليليو. على أية حال، لم تنعم العائلة بثراء. وعندما كان جاليليو فى الثامنة عشرة، أرسل إلى مدرسة للجزويت(١). على مقربة من فلورنسا.

---

(١) طالما سيعرض هذا الفصل لخطورة توترات العلاقة بين جاليليو والجزويت، والتى أودت فى النهاية بكرامة جاليليو مقابل النفاذ بالبقية الباقية من حياته؛ فمن المفيد الآن إلقاء الضوء على وضعية ومكانة الجزويت بالنسبة لحركة العلم.

فأولاً كانت مدارسهم أفضل المدارس لتلقى العلم فى عصر النهضة وبواكير العصر الحديث، لأن الجزويت كانوا آنذاك أكثر رجال الدين اضطلاعاً بالعلم.

واحتل الآباء الجزويت مكانة خاصة وسطوة عظيمة فى الفاتيكان، لأنهم أشد الطوائف محافظة على أصوليات العقيدة الكاثوليكية التقليدية. وفى ذلك العصر المتقد الهائج كان يسود الكنيسة صراع بين حزب رجعى محافظ يخشى أن تزلزل العلوم والآداب الحديثة كيان الكنيسة وتزعزع العقيدة الدينية، وحزب تقدمى يطالب بتفتح الكنيسة على العلوم والآداب الحديثة لتساير العصر ويبقى الدين محتفظاً بدماء الحياة فى شرايينه. وقد تزعم الآباء الجزويت الحزب الرجعى المحافظ، وكان من أقطابهم الكاردينال بيللارمينو، الذى أجرى التحقيق مع جيوردانو برونو وأدانه وأصدر الحكم بحرقه عام ١٦٠٠. وظل بيلارمينو دائماً يثير المخاوف من نظريات الفلك الحديث، وهو الذى يقف وراء استدعاء محاكم التفتيش لجاليليو فى نهاية الأمر.=

وقد أوتى عقلاً متوقداً وذاكرة قوية، مكّناه من تلاوة مقاطع طويلة من الشعر. فكانت أولى محاضراته ذات الاعتبار قطعة فى النقد الأدبى، ناقش فيها مكان وحجم جحيم دانتى.

وقد رأى والده أنه أنسب لامتهان العلم منه للعمل، ولذا أرسله وهو فى عامه السابع عشر، ليدرس الطب فى بيزا. وكان أستاذ جاليليو ثمت هو الفيزيائى وعالم النبات البارز كسالبينو Cesalpion . وحضر محاضرات فى أرسطو، ودوّن عنها تعليقاً موجزاً واعياً. لقد احترم أرسطو احتراماً عظيماً ولكن، بروح والده فى البحث الحر، وضع أفكار أرسطو موضع البحث والتساؤل. إن ولعه بالجدل والمناظرة، وطاقته العقلية الحادة والعظيمة قد أكسباه لقب (المتجادل).

وبعد التحاقه بالجامعة، سرعان ما لفت انتباهه مصباح متدل يهتز، حينما كان يجلس فى مصلى كنيسة الجامعة إبان صلاة عامة، فبدأ يراقب المصباح، وخرج بانطباع مؤداه أن مدة الاهتزاز لا تتوقف على حجمه. ولما آب إلى منزله فحص هذا الانطباع عن طريق كرة من الحديد وقطعة من الخيط. فكان فى عامه الثامن عشر حين اكتشف خاصية البندول، التى كان من شأنها أن تجعل له كل تلك الأهمية فى تطور الساعة.

ولم يستثر اهتمام جاليليو بالرياضيات حتى عامه الدراسى الثانى، حين تصادف أن رأى عالم الرياضة ريتشى Ricci(١) يعطى درساً فى

= ومن هنا نفهم لماذا كان الآباء الجزويت من أوسع رجال الدين فى ذلك العصر معرفة بالرياضيات والعلوم وانكباباً على دراستها وبطبيعة الحال العلوم الأرسطية القديمة المتسقة مع التصورات اللاهوتية التقليدية، وعلى وجه الخصوص النظرية الفلكية البطلمية، محور الصراع، وأولى وأهم محاور الصراع بين العلم والدين، وذلك لكى يتمكن الآباء الجوزويت من العلوم الحديثة الصاعدة الواعدة.

ولعل اعتناق انجلترا للبروتستانتية وبالتالى تخلصها التام من كل نفوذ أو تأثير للجوزويت كان من العوامل التى أدت إلى تفجر التقدم العلمى فى انجلترا إبان القرن التالى. (المترجمة).

(١) كان معلم الرياضة هذا، واسمه أوستيليو ريتشى، صديقاً لأسرة جاليليو فراح منذ عام ١٥٨٣ يعلم جاليليو الرياضيات سراً دون علم أبيه، إذ كان تدريس الرياضيات لا يحظى آنذاك باهتمام كبير فى=

أقليدس لوصفاء جراندوق فلورنسا وبغتة تبدى له مغزاه بطريقة تكاد تكون فورية. ومعرفته بالهندسة وبريتشي أفضت به إلى دراسة أرشميدس، فكانت أعمال أرشميدس هي أول ما كشف له عن قوة العلم ومعناه الكاملين. وتعلم من أرشميدس كيف يستخدم الرياضيات ليجعل التجارب الفيزيائية تعطي معلومات أكثر دقة وعمقاً. لقد هيأ جاليليو منهج أرشميدس للمشاكل الحديثة. ومن ثم أصبح أول من يمثل المنهج العلمى الحديث ويصوره يشعر معها علماء عصرنا هذا بأنه منهجهم هم. وربما كان أعظم إنجاز لجاليليو هو جعل المنهج العلمى أكثر جلاءً وتحديداً.

لقد توجهت الأنظار إلى أعمال جاليليو فى البندول، والتعيينات التجريبية الدقيقة للأثقال النوعية للمواد، على غرار أسلوب أرشميدس.

= جامعة بيزا. وقد سطعت موهبة جاليليو في الرياضيات لدرجة أذهلت معلمه ريتشى. فاستأذن ريتشى أباه فى أن يواصل تعليمه، ووافق الأب مشترطاً ألا يجور ذلك على دراسة الطب التى اختارها لابنه لأنها مهنة مجزية. هذا على الرغم من أن جاليليو لم يبد أى اهتمام بدراسة الطب مما تأدى به فى النهاية إلى أن يعود إلى فلورنسا دون الحصول على درجة علمية من جامعة بيزا لا فى الطب ولا فى غيره

(د.لويس عوض، ثورة الفكر فى عصر النهضة الأوربية، مركز الأهرام للترجمة والنشر، القاهرة، سنة ١٩٨٧ . ص٢٧٤ مابعدها).

وكان ريتشى يدعو إلى التخلى عن الفيزياء الأرسطية. ولكن أهم ما استفاده منه جاليليو هو أنه ـ أى ريتشي كان يعلم الرياضيات بعقلية مهندس، أى على أساس أن مبادئ الرياضة قابلة للتطبيق العملى. وها هنا نزع الفتيل لتفجير قنبلة التقدم العلمى الحديث. فسوف يلتقط جاليليو الخيط، وبفضل قواه المبدعة الخلاقة فى الرياضيات وفى التجريب على السواء، سيغدو منذ ذلك الحين فصاعداً سر أسرار تقدم العلوم الطبيعية هو أنها نتاج توشج قطبين أساسيين هما لغة الرياضيات ووقائع التجريب. حتى أن جاستون باشلار G. Bachelard (١٨٨٤ ـ ١٩٦٢) شيخ فلاسفة العلم فى فرنسا، يعرف الطبيعيات بأنها: «حقل فكرى يتعين برياضيات وتجارب، كما ينشط إلى أقصى حد فى اقتران الرياضيات والتجربة».

(جاستون باشلار، العقلانية التطبيقية، ترجمة د.بسام الهاشم، دار الشؤون الثقافية، بغداد، ١٩٨٧. ص٢٨).

ولعل جاليليو قد تعلم من ارشميدس أو أخذ عنه أصول ذلك التآزر المثمر الخصيب بين الرياضيات والتجريب والاقتران الحميم بينهما، ولكن الذى لا شك فيه أن جاليليو هو الذى أقحمه فى بنية العصر الحديث، وألقاه أساساً مكيناً للعلم الحديث المفارق للعلم القديم، حتى غدا خاصة من خواصه.

(المترجمة)

من ناحية، صفيت عقليته بفعل المنطق الأرشميدى، ومن الناحية الأخرى، ساعدته الخبرة المتراكمة بالحرف المتحررة والمتطورة على أن يكتسب استبصاراً متزايداً بكيفية السلوك الفعلى للأجسام.

وعلى أية حال، لم يظفر بمنصب أكاديمى، حيث إنه غادر جامعة بيزا دون الحصول على شهادة علمية. وتكسب بعض عيشه عن طريق التدريس الخصوصى، وحاول أصدقاؤه أن يكفلوا له منصب الأستاذية. فرفضته خمس جامعات. ولحسن الحظ، خلا عام ١٥٨٩ كرسى الرياضيات فى جامعة بيزا، وتم تعيين جاليليو فيه. ووجب عليه الآن تدريس العلم الأرسطى كجزء من واجبه المهنى. ومن ثم اصطنع بحثاً نسقياً للميكانيكا الأرسطية، والإضافات التى أضيفت إليها عن طريق الأرسطيين فى العصور الوسطى.

إن اختراع القذف المدفعى وتطور الماكينات، قد خلعا أهمية عملية كبرى على الفهم الدقيق لمسلك الأجسام المتحركة بسرعة، لا سيما الأجسام الساقطة بحرية كقذائف المدفع. وصعوبة أن نكتشف على نحو دقيق كيف تسلك الأجسام الساقطة بحرية تكمن فى أنها تسقط بسرعة كما أشرنا. ولم تكن صناعة الأدوات بعد متقدمة بدرجة تكفى لإنجاز هذا بصورة مباشرة. وقد تفادى جاليليو تلك الصعوبة عن طريق إبطاء السقوط، ولكن بدون تغيير خاصيته. وفعل هذا بأن دحرج كرات معدنية صغيرة إلى أسفل سطح مستو مائل، مفترضاً أنها ستتبع نفس قانون السقوط كما لو كانت قد أسقطت عمودياً، لكن تتبعه بسرعة أبطأ.

وحصل على عارضة خشبية ملساء طولها حوالى ثمانية عشر قدماً، واصطنع قناة على طول حافتها العلوية. ثم قام بإسناد أحد جانبيها ليغدو أعلى من الآخر بما يتراوح بين قدم وثلاثةأقدام، دحرج كرات معدنية صغيرة وملساء إلى أسفل القناة، فجرت ببطء يكفى لأن يقاس بدقة معقولة عن طريق الوسائط التى كانت فى حوزته «إذ قاس الوقت

بواسطة ساعة مائية، وكان يفتح الميزاب ويغلقه بأصبعه حينما تمر الكرة فى بداية ونهاية الامتداد فى القناة. وقال إن الكرة إذا دُحرجت بصورة متكررة إلى مسافة معينة أسفل القناة، فإن المقاييس المتخذة للوقت لا تختلف فيما بينها بأكثر من معشار خفقة ـ النبض. ومن تحليله للطريقة التى تتزايد بها سرعة الكرة، أحرز برهاناً تجريبياً لقانون العجلة[1] تحت تأثير الجانبية، وقياساً دقيقاً لمعدل العجلة.

وأخذ فى اعتباره ما يمكن أن يحدث حينما تُعطى الكرة دفعة إلى أعلى القناة فإذا كان ميل العارضة ضئيلاً جداً فإن سرعة الكرة سوف تتناقص ببطء شديد. أما إذا كانت العارضة مستوية ولا تُحدث احتكاكاً، فإن الكرة ستظل تسير إلى الأبد، وبدون أن تفقد أى قدر من سرعتها الأصيلة، وعلى هذا يظل الجسم على حالة الحركة ما لم يعترضه شئ؛ وهذا ينطوى على فكرة القصور.

وقد تبيَن أن حركة الجسيم المقذوف خارج عمود رأسى، كحركة قذيفة المدفع يمكن أن تنحل إلى سرعتين: إحداهما فى موازاة العمود الرأسى، والأخرى فى موازاة السطح الأفقى. ويمكن تمثيلهما فى رسم بيانى. وأشار إلى أن مسار قذيفة المدفع، إذا ما تحررت من مقاومة الهواء، سيكون فى الواقع قطعاً مكافئاً، لأن سرعتها فى موازاة السطح الأفقى ستظل ثابتة، بينما تزيد سرعتها الراسية بمعدل مربع زمن السقوط.

وفى عام ١٥٩٢ عُين جاليليو فى بادوا، حيث تقاضى مرتباً متواضعاً ولكن حظى باستقبال عقلى رائع ومكث ثمت لمدة ثمانية عشر عاماً، وكان يحاضر لجمهور عريض من المستمعين، ويواصل أبحاثاً متعددة الجوانب وخصيبة. واخترع أداته لقياس الزوايا بهدف تبسيط الحسابات. وهى

(١) العجلة acceleration معدل التغير فى سرعة الجسم المتحرك بالنسبة لوحدة الزمن. (المترجمة)

تتكون من مسطرتين متماثلتين ومتمفصلتين من إحدى الطرفين، بحيث يمكن تحريكهما فوق ربع دائرة (أى ٩٠ْ). وتحوى المسطرتان وربع الدائرة على علامات تُمكّن من إجراء أنماط مختلفة من الحسابات، من قبيل معدلات الفائدة، واستخراج الجذور وحجم المجسمات (مثلاً، السدود فى التحصينات). وتصاعد الطلب العريض على هذه الأداة، والتى أصبحت منذ ذلك الحين ودائماً جزءاً من معدات المهندسين.

اجتذب جاليليو الطلاب من بقاع عديدة فى أوربا. ومن بينهم فرديناند Ferdinand الذى أصبح فيما بعد امبراطور ألمانيا. وعاش جاليليو فى منزل فسيح، آوى فيه حوالى عشرين طالباً، والمنزل ذو حديقة، كان يحلو له أن يناقش فيها العلم مع تلامذته، إبان قيامه بالحرث وتقليم الأشجار، أو تناول العشاء تحت ظلالها.

وظهر فى عام ١٦٠٤ مستسعر Nova، أو نجم جديد، كان له تأثير على جاليليو يماثل التأثير الذى كان لمستسعر عام ١٥٧٥ على تيخو. لقد أثار اهتمامه بالفلك وعدم توافق هذا المستسعر مع الفكرة العتيقة لنظام النجوم الثابتة، زاد من اقتناع جاليليو بصدق النظرية الكوبرنيقية. وبهذا الدليل الجديد المتاح، وفى أجواء بادوا الأكثر حرية، أصبح يشعر الآن أنه قادر على تأييد النظرية الكوبرنيقية جهاراً نهاراً. لقد غدت البندقية آنذاك ذات قوة تكفى لأن تردع روما عن التدخل فى الأمور العقلية على أراضيها.

وفى غضون هذا كان جاليليو قد اتصل بجراندوق توسكانيا. وعمل فى الأعياد الدينية كمدرس خصوصى لولده كوسيمو مديتشى Cosimo Medici وكان آنذاك صبياً فى الحادية عشرة من عمره.

وفى عام ١٦٠٩ سمع جاليليو عن الاختراع الهولندى للمقراب (التلسكوب). سرعان ما صنع واحداً خاصاً به وصوبه نحو مواقع شتى ليخرج بنتائج مذهلة جداً. لقد صعد الحكام البنادقة برج كامبانيلا

الشهير، وشاهدوا السفن القصيّة عنهم تبدو وكأنها جلبت قريباً منهم. وعلى الفور أدركوا القيمة الحربية والتجارية لهذا الاختراع، فرفعوا مرتب جاليليو وكفلوا له كرسي الجامعة مدى الحياة. فصنع مقراباً أضخم كان يُكبِّر ثلاثين مرة وصوبه نحو السماء. وكان مفعوله النافذ أن فتح نافذة على الكون، فقد أميط اللثام عن سلسلة معجزة من الكشوف، وشوهد درب التبانة ليحوى عدداً لا يُحصى من النجوم المتناثرة. وأُدركت الجبال على القمر، وتم تقدير ارتفاعها بالأميال من أطوال ظلالها ورأى جاليليو الجسم الكروى لكوكب المشترى محاطاً بأربعة أقمار.

وبسرعة دَوّن جاليليو نبذة عن فيض الكشوف، تحت عنوان (رسول النجوم) أو (الرسول النجمى) Sidereal Messenger. كانت وصفية بسيطة ومتقدة، نجم عنها استثارة أبعد كثيراً من حدود عالم العلم، بحيث يمكن مقارنتها فقط بتلك الكشوف الحديثة من قبيل إطلاق الطاقة الذرية. لقد كانت طبيعة اكتشافات جاليليو التلسكوبية مختلفة تماماً عن طبيعة تأسيسه للمكيانيكا، والذى ما كان ليجتذب فى ذلك الوقت سوى القلة من طليعة الخبراء. لقد هيأ لكل إنسان، فضلاً عن عدد صغير من العلماء، بسطاً مكثفاً لوقائع كيفية أمكن تقدير قيمتها بغير تخصصات رياضية.

وكانت ملاحظة المشترى وأقماره الأربعة الدوارة ذات أهمية خاصة. فإذ كان الله قد خلق نموذجا للنظام الكوبرنيقى، أفلا يمكن أن يكون سبحانه قد خلق النظام الشمسى بنفس التخطيط؟ وانتشار هذه النظرة فى الأوساط العامة قد فعل لتوطيد قبول النظام الكوبرنيقى أكثر مما فعلته الحجج الرياضية العويصة التى وجُهت للفلاسفة فلم يكن وجود المشترى بأقماره برهاناً منطقياً، بيد أنه كان أكثر إقناعاً من المنطق.

وفى ذلك الآن استغل جاليليو الصيت الذائع الذى اكتسبه لكى يحرز فى موطنه الأصلى وظيفة شرفية[1]. فأبلغ تلميذه القديم، وهو الآن

(١) الوظيفة الشرفية SINECURE منصب يتقاضى عنه مرتباً كبيراً، لا يقوم مقابله بعمل كثير. (المترجمة)

جراندوق توسكانيا كوسيمو الثانى، بأنه يود كتابة عدة أبحاث فى كشوفه، وعلى وجه الخصوص فى الفلك وفى الميكانيكا. لقد رغب أن يجد منصباً ذا أجر عالٍ يحرره من العمل الروتينى البغيض فى محاضرات الجامعة، بحيث يستطيع أن يكرس نفسه تماماً للبحث والكتابة. وقد خُلق مثل هذه المنصب خلقاً من أجل جاليليو، تحت لقب عالم الرياضة الأول لجامعة بيزا، وبمرتب عالٍ دون أعباء التدريس. أما أصدقاء جاليليو فقد نصحوه بألا يقبل هذا المنصب، إذ توقعوا أن دوق توسكانيا لن يكون قادراً على تزويده بالحماية العقلية التى نعم بها فى بادوا تحت حماية البندقية. كان الدوق عميق الإعجاب بجاليليو، بيد أن منصبه يعتمد من الناحية السياسية على رضوان روما. وبسبب هذا الاعتماد سيكون عليه أن يفعل فى النهاية ما تريده روما.

فى مبدأ الأمر بدا أن كل شئ يسير بصورة مشرقة. وبعد الاستقرار فى فلورنسا بفترة قصيرة، اكتشف جاليليو أطوار فينوس، وأشار إلى أنها تأكيد أبعد للنظرية الكوبرنيقية. لقد راقب البقع الشمسية، واستنبط منها أن الشمس تدور. وأحرز اكتشافات إضافية بشأن القمر، وواصل أبحاثاً فى الهيدروستاتيكا[1]. واغتبط بالانتصار على نقاده، الذين تزايد سخطهم وأحنق الجوزويت على وجه الخصوص لأن واحداً من جماعتهم الخاصة، وهو شاينر Scheiner، قد سبق أن لاحظ البقع الشمسية، ولكن لأن أرسطو لم يذكرها، فلم يُسمح لشاينر بنشر ملاحظته.

والآن أصبحت آراء جاليليو المؤيدة لكوبرنيقية مرمى للهجوم بوصفهما معارضة للاهوت. وبثقة اضطلع بالمحاجة على أنها ليست هكذا. وكان مستعداً لأن يفسر اللاهوت للاهوتيين. واعتقد أن الدوق كوسيمو سيرى أنه لن يأتى بضر. فذهب عام ١٦١٦ إلى روما، واثقاً أنه سيستطيع إقناع البابا، والكرادلة ومحكمة التفتيش بأن آراءه صائبة.

(١) بحث رياضى يختص بالقوى والضغوط التى تتعلق بالسوائل عندما تكون ساكنة. (المترجمة)

وقويل باحترام كبير، ولكن لم يدرك بوضوح أنه ما كان ليحرز نجاحاً سياسياً، مهما كانت دعواه العقلية. لقد تلقى سفير الجراندوق فى روما إخطاراً بخطورة تصرف جاليليو. ويبدو أن جاليليو لم يفهم أن معارضيه يعتقدون أنه يقوض سلطة الكنيسة، التى أعلن أنه هو نفسه عضو مخلص لها.

وبينما اعتقد أنه يحرز تقدماً عظيماً بقدرته على الإقناع ذُهل باستدعائه من قِبلَ محكمة التفتيش لكى ينكر إيمانه بالتعاليم الكوبرنيقية التى وضعها. فعاد إلى فلورنسا مخزياً، ودوّن كتيباً نقد فيه نظريات الفلكيين الجوزويت فى المذنبات. وفيه عبر عن الرأى القائل إن «الحركة هى علة الحرارة» وميزّ بين خصائص الأجسام من قبيل الحجم والشكل والمقدار، وبين الخصائص التى تتكشف للحواس، من قبيل الروائح والطعوم والأصوات، والتى اعتبرها خصائص ذاتية؛ وكانت هذه هى التفرقة بين الكيفيات الأولية والثانوية، والتى احتلت موقعاً رئيسياً فى الفلسفة الحديثة[1] وأثار هذا الكتيب حنق الجوزويت، وكان عنوانه

(١) أجل هذه القسمة بين الخصائص الأولية الخاضعة للتكميم الرياضى الدقيق والخصائص الثانوية التى تدركها الحواس الخادعة، سبق أن نوّه إليها ديمقريطس (٣٦٠ ـ ٤٦٠ ق.م) لكن أرساها جاليليو فى مطالع العصر الحديث لتحتل موقعاً رئيسياً بل وريادياً توجيهياً. فهى القسمة الثنائية بين الذات والموضوع =التى دمغت العقلية الحديثة بجملتها وبمجرد أن أرساها جاليليو، اعتمدتها الفلسفة الحديثة فى شخص أبيها رنيه ديكارت (١٥٩٦ ـ ١٦٥٠) الذى شطر العالم بأسره والكيان الإنسانى ذاته إلى شطرين لا معبر= بينهما ـ أو بينهما معبر واه مضحك: الغدة الصنوبرية ـ وهما المادة (الموضوعية) والعقل (للذاتية). إنه الرائد، فاندفعت الفلسفة الحديثة بجملتها وراءه فى هذا الطريق الذى شقه، ليندس الفاصم الثنائى من أولى بداياتها وحتى نهاياتها الموصولة بالفلسفة المعاصرة، مسفراً عن حالة شيزوفرنيا صريحة.

فهى ليست ثنائية صورية فحسب، بل عالمان منفصلان كلاهما غريب عن الآخر ومغترب عنه. فى الأول يجد العقل إشباعه وسلطانه فيعيه ويفهمه بواسطة العلم الحتمى الرياضى الميكانيكى الصارم، ثم يجعله أكثر رغداً ورفاهية بتطبيق منجزات هذا العلم. أما العالم الثانى فلا علاقة له بهذا، إنه عالم خلق خلقاً من أجل الذات ليكون لائقاً بإنسانية الإنسان الخفاقة فيجد فيه المفهوم العميق للحياة بوصفها تمثيلات للحرية: نقيضة الحتمية العلمية. هذان العالمان ترتد إليهما الثنائيات الجمة التى دارت رحاها بين الفلسفة الحديثة: العقل والمادة (ديكارت).. النومينا والفينومينا (كانط).. الإرادة والتمثل (شوبنهاور).. الأنا واللا أنا (فشته).. العقلى والواقعى (هيجل).. النسبى والمطلق (شلنج).. الآلى والغائى...

انظر فى تفصيل هذا من المنظور العلمى كتابنا: العلم والاغتراب والحرية.. مقال فى فلسفة العلم من الحتمية إلى اللاحتمية، الهيئة العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧. ص٨ـ٣٨.

وقارن من منظور الحرية الإنسانية كتابنا: الحرية الإنسانية والعلم.. مشكلة فلسفية دار الثقافة الجديدة. القاهرة ـ ١٩٩٠. (المترجمة)

«المجرب The Assayer» فقام جاليليو بزيارة روما مرة أخرى عام ١٦٢٤، مثقلاً بالهدايا، ولكن نظرياته لم تلق قبولاً فانكب على عمله (محاورات حول نظاميّ العالم Dialogues Two World Systems،) على اعتقاد أنه سيفضى فى النهاية إلى الإقناع. أرسلت المخطوطة إلى روما من أجل الاطلاع عليها، فجاءت التوصية ببعض التصويبات، وتضمنت إحداها حجة البابا ذاته ضد نظرية جاليليو فى المد والجزر. وقد أدمجها جاليليو، ونشر العمل على النحو المرجو، فى عام ١٦٣٢..

ثم تبين أن جاليليو تعامل مع حجة البابا بأسلوب تهكمى، واضعاً إياها فى محاوراته على لسان الساذج. فتأجج غضب السلطات فى روما، على اعتقاد أنها خُدعت وأهينت. وعلى الفور تم إيقاف بيع الكتاب. واستدعى جاليليو إلى روما لكى تستجوبه محكمة التفتيش. وبعد تحقيقات طويلة، أُجبر تحت التهديد بالتعذيب، على أن ينكر إيمانه بالكوبرنيقية وهو جاث على ركبتيه، فقال إنه «بقلب مخلص وإيمان صادق ليناشدن لعن ومقت الخطايا والهرطقات التى قيلت فيما سلف». أما الأقصوصة القائلة إنه تمتم: «ومع ذلك فهى تدور» فلا أساس لها من الصحة.

عاش جاليليو البقية الباقية من حياته محتجزاً فى بيته. وأكمل عمله الأكبر الثانى فى (علمان جديدان)، وقام بتهريبه إلى هولندا كى ينشر، فظهر هناك عام ١٦٣٨. وحتى فى سنيه الأخيرة كان يحرز كشوفاً. إذ راقب نودان القمر أى الانحرافات الطفيفة فى وجه القمر. وفيما بعد بيّن نيوتن أنها تنشأ عن شذوذات فى حركة القمر. وذكر عام ١٦٣٧ أن فترة اهتزاز البندول تتناسب مع الجذر التربيعى لطول خيطه، وحين كان فى عامه السابع والسبعين، سنة ١٦٤١، قبل وفاته بعام واحد، أجرى تجارب على البندول للتحكم فى الساعات، وبحثه فى خواص السوائل أدى به إلى إدراك أوجه القصور فى النظرية القديمة بشأن جفول الطبيعة من الفراغ. فأشار إلى أنه طالما لا تستطيع المضخة الماصة رفع الماء لأكثر

من حوالى أربعة وعشرين قدما، فإن جفول الطبيعة من الفراغ محدود بحوالى أربعة وعشرين قدماً من الماء، وقد مد تلميذه تورتيشيللى Toricelli(١) من نطاق بحوثه، واخترع بعد وفاة جاليليو بعامين البارومتر بفراغ يعلو عموداً من السائل.

وتكاد تستحيل مضاهاة خصوبة كشوف جاليليو وطاقته العقلية. كما أنه ألقى بشخصيته الضوء على الخصائص المميزة للعلماء المحدثين. لقد مال إلى الاعتقاد بأنه طالما يتحدث مع السلطات فى العلم الفيزيائى فسيملك طوع بنانه حججاً مساوية تماماً لحججه الفيزيائية، فى فروع المعرفة الأخرى، كاللاهوت والسياسة. فهذا الشخص الذى كان منطقه

(١) فى أكتوبر ١٦٤١ سمحت الكنيسة للعالم الشاب تورتيشيللى أن يلازم جاليليو فى أيامه الأخيرة، فتعاون مع سلفه فى هذه المهمة ـ العالم الشاب فيفيانى ـ فى حفظ ما أملاه جاليليو فى ختام حياته. (د.لويس عوض، ثورة الفكر، ص٣٠١).

(المترجمة)

(١) هذه الملاحظة من المؤلف تدفعنا إلى وقفة عند حياة جاليليو الشخصية. فقد توفى عام ١٥٩١ الأب فنشنتزيو جاليلى، وكان على الابن جاليليو أن يعول أسرته الكبيرة المكونة من أمه وستة من الأخوة والأخوات، بمرتبه الضئيل إذ كان يتقاضى فى بيزا ٦٠ سكودى سنوياً، بينما كان أستاذ الطب يتقاضى ٢٠٠٠ سكودى سنوياً. أما فى جامعة بادوا فبدأ مرتبه بمبلغ ١٨٠ فلورين سنوياً، ثم ارتفع فى ١٥٩٨ إلى ٣٢٠ فلورين سنوياً، وارتفع فى ١٦٠٦ إلى ٥٢٠ فلورين، حتى ارتفع عام ١٦٠٩ إلى ١٠٠٠ فلورين سنوياً. ومع ذلك ظل جاليليو فى ارتباك مالى مزمن بسبب كفالته لأسرته فقد جهز أخته فرجينيا للزواج، ثم جهز أخته ليفيا أيضاً للزواج، وكان ينفق على أخيه الموسيقى الموهوب المتلاف ميكلانجلو وعلى زوجته وأولاده الكثيرين.

من هنا علة تدنى سلوك جاليليو الشخصى. إذ يبدو أن هذه التبعات العائلية جعلته يعزف عن الزواج خوفاً من مسئولياته. ولم يتوان عن أن يعاشر امرأة من البندقية تدعى مارينا جامبا لمدة عشرة سنوات معاشرة غير شرعية، بل وإن مارينا انتقلت إليه فى بادوا ولكن أقامت فى منزل مستقل تجنباً للانتقادات وأنجبت منه ابنتين هما جينيا فى ١٦٠٠ وليفيا فى ١٦٩١. ثم أنجبت له عام ١٦٠٦ غلاماً أسماه فنشنتزيو تيمناً باسم أبيه. وقد انفصل جاليليو ومارينا على مودة عند انتقاله إلى فلورنسا عام ١٦١٠، تاركاً فى كنفها ابنها الصغير لتقوم بتربيته على الرغم من زواجها من أحد معارف جاليليو! والأدهى أنه دفع بابنتيه إلى ديرسان ماتيو لتصبحا راهبتين. وكما يقول د.لويس عوض: «هذا لون من القسوة الفظيعة التى لجأ إليها

بكل ذلك النفاذ فى العلم، كشف عن بصر حسير فى نواح أخرى. لقد كان جاليليو نتاجاً لعصر ذاهب إلى الأفول، تماما كما كان خالقاً لعصر جديد. وبينما تألقت عقليته، عكست حياته الشخصية ضعة الشرف[1]، والتناقضات فى نظام اجتماعى وشيك التحلل.

جاليليو لعلمه بأن بنتيه لا أمل لهما فى الزواج من أحد فى مثل طبقته الاجتماعية» (د. عوض، ثورة الفكر، م س، ص ٢٧٥).

إنها إشكالية وعلامات استفهام تثيرها سير حياة شخصيات وعقول عظمى ساهمت فى تنوير مسيرة البشر، من أمثال فرنسيس بيكون ولا بلاس وآخرين. فكيف تجتمع عظمة العقلية وتألقها مع وضاعة الشخصية وتدنى سلوكها؟!

(المترجمة)

الفصل العاشر

التفجر الإنجليزى

كانت انجلترا إحدى البلدان التى تطورت فيها الأشكال الاجتماعية الجديدة والحياة العلمية بأسرع الصور. ففى سنة ١٦٤١، قبل وفاة جاليليو بعام واحد، تم انتزاع السلطة السياسية فيها من براثن الملكية العتيقة، المتشبثة بحقها المقدس، وذلك بفضل تجار لندن وملاك الأراضى ذوى العقول الأكثر نزوعاً للعمل التجارى، وكما يمثلهم البرلمانيون. وفى غضون سنوات قلائل، كان النظام الاجتماعى الانجليزى قد طرأ عليه تغير عميق. وتخلقت أجواء للتوحيد بين العقلانية والحماسة، مغايرة تماماً لأمجاد إيطاليا البائدة. فى هذه الأجواء ازدهرت التجارة والعلم ازدهاراً مدهشاً.

وكانت أعمال فرنسيس بيكون(١)، المولود عام ١٥٦١ والمتوفى عام ١٦٢٦، إيذاناً ساطعاً بالمرامى العلمية للعصر الجديد. فقد استخلص من تاريخ العلم، فى العصور الحديثة والقديمة، تصوراً للمنهج العلمى، حيث نجد الملاحظة والتصنيف والتجربة تفضى إلى تكوين النظريات. وهذه بدورها ستظل تفضى إلى تجارب أكثر نفاذاً، ونظريات أعمق، ريثما

(١) راجع الهامش ص١١٤، ١١٥ للفصل السابع ولمزيد من التفاصيل والتقنين الدقيق لدور بيكون فى حركة العلم الحديث وتعيين ايجابياته وسلبياته راجع:

د. يمنى طريف الخولى، فلسفة كارل بوبر: منهج العلم.. منطق العلم، الهيئة العامة للكتاب، القاهرة، سنة ١٩٨٨ ص٤١ ص٤٩.

تمتد المعرفة امتداداً رحيباً، وربما حتى جوهر الخلود، «إن كان ذلك ممكناً». لقد وضع اقتراحاً بإعادة بناء لمجمل العلوم والفنون وسائر المعرفة الإنسانية» وكي يمتد سلطان الجنس البشرى على الكون. وتنبأ بإمكانية عصر الفضاء، باحتياجاته. ولم يقصر تطبيق المنهج العلمى على المشاكل الفيزيائية، بل كان ليطبق أيضاً على «العمليات العقلية والمنطق وعلم الأخلاق والسياسة». ووجب أن تخضع كل ظواهر الكون للبحث، وفقاً لخطة العمل المرسومة.

وفى كتابه (أطلانطس الجديدة)[1] وضع صورة وصفية أدبية لشكل جديد من أشكال التنظيم الاجتماعى، يحكمه مجتمع علمى معنى بتقدم الإنسان ورفاهته وفى تخطيط عمله (الإحياء العظيم The Great Instauration) اقترح تصوراً عاماً لكيفية إعادة بناء المجتمع الإنسانى على خطوط علمية، بإمكانيات غير محدودة للرفاهة والكشف والقوة؛ بيد أنه لم يتمكن إلا من إكمال بعض أجزاء هذا العمل، والتى تتمثل فى كتابيه (تقدم التعليم Advancement of Learning) و (الأورجانون الجديد Novum Orgnum)، أى الأداة الجديدة، أو المنهج الجديد.

وحاول البرلمانيون الظافرون ومناصروهم العقلانيون تنفيذ أفكار بيكون. وفى الطليعة من هؤلاء جون ويلكنز J. Wilkins، والذي أصبح زوج شقيقة أوليفر كروムويل. ولد ويلكنز عام ١٦١٤[2]. وفى عام ١٦٣٨ نشر كتاباً بعنوان «اكتشاف عالم جديد» ونشر عام ١٦٤١ كتابه (مقال حول كوكب جديد). الكتاب الأول يحوى حججاً تؤيد افتراض أن القمر عالم مأهول. وأظهر الكتاب أنه قارئ جيد للعلم فى العصر الوسيط، والعلم المعاصر له بما فى هذا كبلر وجاليليو. وعندما حاول أن يتنبأ بنوعية الظروف التى سيهبط فيها المسافرون إلى القمر، لم تختلف مناقشته

---

(١) الهامش السابق.

(٢) وتوفى عام ١٦٧٢. (المترجمة)

لطبيعة سطح القمر عن مناقشة علماء الفلك المحدثين. وحاجّ بأنه طالما لم يعد حينذاك دريك Drake[1] أو كولومبوس للقيام بمثل هذه الرحلة، «أفلا يحتمل أن تستنهض الأزمنة التالية أرواحاً فذة من أجل المحاولات الجديدة، والاختراعات الغريبة، كأى من تلك التى كانت قبلهم؟ «وناقش المعدات التي يمكن أن يحتاجها رائد الفضاء كي يبقى حياً.

واعتقد أن البشر سوف يتمكنون من «صنع مركبة طيارة» يستطيعون بواسطتها السفر عبر الهواء.

ولما كان ويلكنز معلماً خصوصياً لعائلة أحد قواد البرلمان، فقد اكتسب معرفة شخصية بحكام الأمة. وكان نشطاً فى دوائر لندن العلمية، التى تواصلت مع الحكام الجدد للبلد وعكست اتجاههم نحو العلم. كان هذا الاتجاه هو اتجاه التجار وملاك الأراضى الذين نظروا إلى أراضيهم بوصفها عملاً لتكوين الأرباح أكثر منها وسيلة لمواصلة الحياة الإقطاعية، والكثيرون منهم عنوا بالتعدين واستثمار المعادن من تحت أراضيهم أكثر من عنايتهم بزراعة الأراضى نفسها. وأفصحوا عن اهتمام تواق لاختراع وتطوير ماكينات التعدين، وخصوصاً الماكينات التى تنزح الماء بعيداً عن أشغال التعدين.

وقد تمركز علماء لندن المتصلون بالبرلمانيين حول كلية جريشام، حيث كانوا يتلاقون من أجل المناقشات. على أية حال، صودرت الكلية لإيوائها حشود الجند خلال عمليات البرلمان العسكرية ضد شارل الأول، وهذا جعل تلاقى العلماء أصعب لكن لم يثبط من حماسهم، الذى استثارته الأحداث السياسية الجسيمة. وفى عام ١٦٤٧، تحسن الموقف بالنسبة للعلماء، وذلك حين قام كرومويل بتعيين ويلكنز مراقباً لكلية ودهام Wedham، فى أكسفورد، بهدف تحويل الجامعة من جامعة ملكية إلى معقل من معاقل البرلمان.

(١) فرنسيس دريك (١٥٤٠ _ ١٥٩٥) بحار انجليزى من أعظم المستكشفين الانجليز جال العالم بسفينة شراعية فى رحلة استغرقت ثلاث سنوات حقق خلالها كشوفاً جغرافية هامة وبلغ عشقه للبحر أن أوصى أن يودع جثمانه فى تابوت ويلقى فى المحيط. (المترجم)

واجتذب ويلكنز إلى أكسفورد العديد من العلماء الذين وجدوا ظروف العمل عسيرة فى لندن. ومن بين هؤلاء عالم الرياضيات جون واليس J. Wallis، ووليم بيتى W. Betty، وهو رجل بارز من طراز جديد، ومؤسس لعلم الإحصاء فقد بادر بتصور العلم الذى تطلبته التجارة والأعمال الحديثة. وكان لويلكنز تلاميذ موهوبون جداً من بينهم كريستوفر رن C. Wren وروبرت هوك R. Hooke فضلاً عن رجال لندن الذين تجمعوا حوله، وآخرين، أمثال روبرت بويل الذى استقر فى لندن بناءً على دعوته.

وانتقلت المناقشات التى دارت بين العلماء فى لندن إلى أكسفورد. وفيما بعد عندما أصبحت لندن أكثر استقراراً، استؤنفت اللقاءات فى كلية جريشام، وبعد أن أظهر كريستوفر رن قدرات علمية عظمى، تم تعيينه عام ١٦٥٧ أستاذاً للفلك فى جريشام، وكان آنذاك فى الخامسة العشرين من عمره[1]. ويشير إليه إسحق نيوتن، برفقة واليس وهويجنز، بوصفه واحداً من «أعظم علماء الهندسة فى عهودنا». فقد استفاد نيوتن من تجارب رن التى أقامت الدليل البيّن على قوانين التصادم. وأجرى رن أبحاثاً شتى هامة بيد أنه لم يواصلها كثيراً، إذ سرعان ما اجتذبته أستاذية العمارة.

ومع إحياء كلية جريشام بتعيين رن وآخرين، شكّل العلماء عادة الاجتماع بعد محاضراته من أجل مناقشات أوسع. وفى واحد من هذه اللقاءات، عام ١٦٦٠ وكان ويلكنز رئيس الجلسة،اقترح العلماء أن ينظموا أنفسهم فى جمعية. وحينما حصلوا على موافقة شارل الثانى تشكلت الجمعية على النحو المنشود بوصفها الجمعية الملكية فى لندن Royal society of london . وكان ويلكنز أول سكرتير لها، فلأنه زوج شقيقة كرومويل لم يكن مستحسنا أن يرأسها. وتحت تأثير ويلكنز على وجه الخصوص شرعت الجمعية الملكية فى تطوير مرسوم للعلم وعلى وجه

(١) ولد كريستوفر رن عام ١٦٣٢، وتوفى عام ١٧٢٣. وصورته مرسومة حتى الآن على أحد وجهي الجنيه الإنجليزى (الاسترلينى)، وعلى الوجه الآخر صورة الملكة. (المترجمة)

التحديد تبعاً للخطوط التى اقترحها بيكون. وعهدت الجمعية لتلميذ ويلكنز، روبرت هوك بمتابعة البحوث التجريبية فى المواضيع التى تملى عليه.

وقد ولد روبرت هوك عام ١٦٣٥، ابناً لواحد من رعاة الأبرشية الفقراء ويبدو أنه يمت بصلة قرابة بعيدة لكريستوفر رن. وكان صبياً هزيلاً، ضعيف البنية، مما سبب له مزاجاً متقلباً لازمه طوال حياته. وأفصح منذ نعومة أظفاره عن موهبة لافتة للأنظار. إذ حظى بذاكرة خارقة، وميول ميكانيكية وموهبة فى فن الرسم[١] . وقد عهد له روبرت بويل بالعمل كمساعد فى التجارب. وصنع مضخة هوائية محسنة استخدمها بويل فى تجاريه الشهيرة على خواص الهواء[٢]. لقد مارس هوك التجريب فى ميادين مترامية لدرجة فائقة. وقام بتجارب عديدة على نموذج الماكينات الطائرة. وأصبح معنياً بالفلك، وساقه هذا إلى مشاكل قياس الزمن، وتركيب ساعات لتعيين خطوط الطول عبر البحر. واخترع الساعة الزنبركية. وأجرى تحسينات على مقياس الضغط الجوى (البارومتر)، جاعلاً إياه صالحاً للاستخدام العام فى الأرصاد الجوية.

وعُين هوك أستاذاً للهندسة فى كلية جريشام عام ١٦٦٥. وفى نفس هذا العام نشر عمله العظيم «الميكروجرافيا Micrographia» فى البحث بواسطة المجهر. ومن ضمن الاكتشافات الجمة المسجلة فى هذا الكتاب الخلية البيولوجية والتى تعرف عليها أولاً فى نسيج الخضروات. وأصبحت صورته للقملة تحظى بشهرة خاصة، ودراسته لخيط الحرير، وكيف تصنعه دودة القز، ساقته إلى أن يقترح اختراعاً بتصنيع الحرير الصناعى، عن طريق دفع مادة غروية خلال ثقوب صغيرة. وبحثه لخواص رقائق رفيعة جداً من الزجاج قاده إلى اكتشاف حيود الضوء[١]. ولاحظ

(١) وكان هوك عازفاً بارعاً وموهوباً أيضاً فى فن الموسيقى. (المترجمة)

(٢) حيود الضوء هو ظاهرة انحراف شعاع الضوء انحرافاً ضئيلاً عند مروره بحافة حادة أو حول سطح بالغ الصغر، أو من خلال ثقب بالغ الضيق. (المترجمة)

الحلقات الملونة التى يحدثها، والتى عرفت فيما بعد باسم «حلقات نيوتن». وبخلاف أبحاثه التجريبية، تفكر هوك فى ميكانيكا النظام الشمسى[1]. وخامره الشعور بأن الكواكب خلقت لكى تدور فى مداراتها بواسطة قوى الجاذبية التى تختلف تبعاً للتناسب العكسى مع مربع المسافة بينها وبين الشمس[2].

لقد عمل مؤسسو الجمعية الملكية، برفقة جمع آخر من رجال موهوبين، على إخراج أمة متكاتفة من العلماء تنطلق من برنامج حصيف للتطور العلمى من أجل الغايات الفلسفية والعملية على السواء.

ومهد عملهم الطريق لانبثاقة إسحق نيوتن، الذى ولد يوم عيد الميلاد المجيد (الكريسماس) من عام ١٦٤٢، فى لانكشير على مقربة من جرانتهام Grantham وشب عن الطوق وتلقى تعليمه إبان عهد الجمهورية الإنجليزية[3]، ولكن على خلاف العلماء من أسلافه المباشرين، لم يبلغ طور

(١) أى القوى والطاقة المؤثرة فى حركة النظام الشمسى. (المترجم)

(٢) قد يدهشنا هذا التعدد والتنوع فى إنجازات هوك، ويدهشنا بنفس القدر أنه على الرغم منها ومن كونه معاصراً لنيوتن ومواطناً له، لم يحتل الدور الذى يستحقه فى الخطوات الجوهرية لتقدم العلم، خصوصاً وأنه سبق نيوتن فى وضع قانون الجاذبية أو النظرية الفيزيائية العامة!! فقد نشر عام ١٦٧٤ كتابه «محاولة لاثبات الحركة السنوية للأرض من الرصودات» يقدم فيه ثلاثة فروض يراها لازمة لبناء النظرية الكونية العامة، وفحواها عين فحوى قوانين نيوتن الثلاثة. ومن ثم يؤكد هوك على أساسها أنه سبق نيوتن فى وضع قوانين الجاذبية وبالتالى تفسير حركة الكواكب. وبعض مؤرخى العلم يرجحون هذا، مستندين إلى الصراع الشخصى بين هوك ونيوتن وأن المجتمع الانجليزى قد حسمه لصالح نيوتن الذى تبوأ منزلة رفيعة. ولكن السبب الحقيقى الذى حال بين هوك وبين احتلال مكانة فى تاريخ التقدم العلمى هو أن قدراته الفنية والتجريبية الفذة لم تعززها قدرات رياضية، بل ولم يكن حتى متمكناً من الرياضيات، وفروضه الثلاثة جاءت فى لغة كيفية وصفية بينما صاغها نيوتن باللغة الرياضية الدقيقة. هكذا تراجع هوك قليلاً عن الصف الأول لأنه أتى بعد أن أصبحت الرياضيات ألف باء الفيزياء ولغتها. راجع فوريس، وديكستر هوز، تاريخ العلم والتكنولوجيا، ترجمة د.أسامة الخولى، ص٢٨٥ : ٣٠٨. (المترجمة)

(٣) أى الحكومة الإنجليزية فى غياب الملكية وحكم أوليفر كرومويل (صهر ويلكنز) وولده. وقد استمرت منذ عام ١٦٤٩ حتى عام ١٦٦٠ بإعادة الملكية وارتقاء الملك تشارلز الثانى العرش فى الفترة ما بين عامى ١٦٦٠ ـ ١٦٨٥، وخلفه جيمس الثانى ١٦٨٥ : ١٦٨٨. (المترجمة)

الرجولة فى كنفها. وأرسل إلى كمبردج عام ١٦٦١، وهكذا بدأ حياته الراشدة بعد عودة الملكية. وكان نيوتن ابناً لفلاح يملك قطعة أرض يزرعها. ومات أبوه شاباً[1]، فتزوجت أمه من رجل دين موسر. وكان لنيوتن منذ صدر شبابه دخل مضمون مدى الحياة يبلغ مائتين جنيهاً فى العام، وكانت فى تلك الأيام تكفل له إقامة الأود. وأُرسل إلى مدرسة محلية متوسطة وفيها أصبح أخيراً طالباً متفوقاً فى دراسته. وكان هادئاً نزاعاً للتأمل ولا يحب الألعاب العنيفة، ومغرماً بصنع اللعب الميكانيكية وقراءة الكتب العلمية.

ولأنه لم يبد استعداداً للزراعة، فقد أرسل إلى كلية ترينتى، فى كمبردج، ليؤهل كرجل دين. ولم يبد أية مقدرة خاصة حتى انتقل إلى إشراف إسحق بارو I.. Barrow . وهذا العالم الرياضى البارز الذى درس الإغريقية واللاهوت كان ملكياً متحمساً ومقاتلاً جسوراً. وكان لويلكنز حق تقديم أستاذ على الآخرين، وبموجب هذا الحق عيّن بارو عام ١٦٦٣ فى الكرسى اللوقانى Lucasian المنشأ حديثاً للرياضيات فى جامعة كمبردج، وكان آنذاك فى الثالثة والثلاثين من عمره. وقد وضع فى بحوثه حلولاً لمشاكل معينة من بينها مناهج حساب التفاضل والتكامل، وأحرز تقدماً فى دراسة البصريات الهندسية.

وتحت إشراف بارو توهجت عقلية نيوتن، وبعد عام أتاح له بارو منحة دراسية، وهى التى أفضت به إلى الانخراط فى الحياة الأكاديمية، بدلاً من أن يصبح رجل دين. وبدأ يطالع أبحاث ديكارت فى الهندسة التحليلية، والتى ابتكر فيها استخدام الجبر لحل المشاكل الهندسية. وهذا الابتكار شأنه شأن ابتكار رمزية أفضل للأرقام أو ابتكار الحاسوب، أعطى المنهج مكاناً أوسع فى حل المشاكل، ومن ثم يسّر تقدم العلم تيسيراً عظيماً. وكان ديكارت قد ابتكر هندسته التحليلية كوسيلة لحساب الكميات فى رسوم جاليليو البيانية لحركة الأجسام.

---

(١) توفى قبل ولادة ابنه إسحق نيوتن بثلاثة أشهر. (المترجمة)

وفى عام ١٦٦١ كان نيوتن قد وضع بالفعل ملاحظات على نظرية النظام الكوبر نيقى. ومنذ ذلك الحين أصبح مطلعاً على اثنتين من فئات الأفكار، وهما ميكانيكا جاليليو وهندسة ديكارت، وليكسبهما دقة أعظم. وفى نفس الوقت اهتم اهتماماً مماثلاً بالبصريات التجريبية والنظرية متبعاً فى هذا بارو، وقرأ كتاب كبلر (البصريات) الذى ألهمه بصنع أول مقراب عاكس، وهو أصل المقراب العاكس لمانتى بوصة على جبل بالومار[1].

وبعد ذلك، فى صيف ١٦٦٥، اضطر نيوتن لمغادرة كمبردج بسبب الطاعون الدبلى فعاد إلى موطنة لينكولنشير فى وولزثورب وخلال العامين التاليين قضى هنالك وقتاً أكثر مما قضى فى كمبردج. وكان عقله مفعماً بمعرفة وأفكار جديدة، كان يتأمل فيها ويجرى عليها التجارب بلا انقطاع. وفى غضون عامين كان قد تصور نظرية الجاذبية، وابتكر حساب التفاضل والتكامل، واكتشف مبرهنة المعادلة ذات الحدين، والمنهج العام للتعبير عن الدوال الجبرية فى السلاسل اللامتناهية، ووضع اكتشافه التجريبى الأعظم لطيف الضوء.

وفيما بعد كتب نيوتن يشير إلى هذه الفترة قائلاً: «كل هذا كان فى عامى الطاعون الدبلى ١٦٦٥، ١٦٦٦، لأننى فى تلك الأيام كنت فى ريعان عهدى بالاختراع، ونزاعاً إلى الرياضيات والفلسفة أكثر مما كنت فى أى وقت آخر».

وفى عام ١٦٦٩ تخلى بارو عن مقعده من أجل تلميذه النجيب، كما أراد أن يتكرس أكثر للاهوت، والذى كان آنذاك ذا مقام أعلى. وكان نيوتن فى ذلك الوقت منعماً تماماً، تبعاً لقيم تلك المرحلة. فعليه فقط أن يلقى أربعاً

(١) المقراب (التلسكوب) العاكس الذى اخترعه نيوتن يعالج الزيغ الضوئى الناجم عن العدسات المستخدمة فى المقاريب الأخرى،و وقد فكر فيه وتصوره علماء كثيرون قبل نيوتن أهمهم ديكارت.

وبطبيعة الحال كان ذلك المقراب صورة بدائية أو مبدئية، صنعها نيوتن بنفسه وأهداه إلى الجمعية الملكية ولا تزال تحتفظ به حتى اليوم كأحد مقتنياتها الثمينة تاريخياً. ثم تطور مع الأيام حتى وصل إلى المقراب العملاق الذى تكلف ملايين الدولارات، ووضع على جبل بالومار. (المترجمة)

وعشرين محاضرة فى العام. وكان أول مقرر لمحاضراته فى البصريات ونما إلى سمع الجمعية الملكية أنها مادة علمية مبتكرة، فكتبت إليه للاستعلام. ورد عليها بإرسال وصف لمقرابه العاكس، ونسخه مطابقة. وأدهشته الإثارة التى أحدثها المقراب، إذ كان يعتبره مجرد شئ تافه. ورأى ضرورة أن يرسل إليهم مقالاً عظيم القيمة فعلاً، ولابد وأن يتضمن «أغرب كشف، إن لم يكن أهم ماتم إنجازه حتى الآن بشأن عمليات الطبيعة». ومثل هذه الكلمات من شاب لم ينشر حتى الآن أى شئ، كانت فى الواقع اليق بأستاذ جليل، بيد أنها مشيدة على أساس متين، وتحمل خصائص شخصية نيوتن. وكان البحث الذى أحاله إليهم يتضمن اكتشافه لطيف الضوء.

ويرى هيزنبرج البرهنة على أن الضوء يتكون من حزم من الأشعة ذات معاملات الانكسار المختلفة حتى أن أى شعاع من الضوء يمكن تحليله بدقة إلى مكوناته المنفردة، إنما هى نقطة البدء فى الفيزياء النظرية الحديثة، لأنها مكّنت من إخضاع ظواهر الضوء للوصف والتحليل الرياضيين. وأول مقال نشر لنيوتن رفعه على الفور من وضع مغمور إلى المنزلة العالمية. على أنه ساهم أيضاً فى بدء المتاعب فى العلاقات الشخصية مع العلماء الآخرين، والتى تنامت مع السنين.

إن مقال نيوتن،المنشور عام ١٦٧١، يدين لكتاب روبرت هوك (الميكروجرافيا) ديناً أكبر مما يطيب لنيوتن الاعتراف به. وأحس هوك، الذى يكبر نيوتن بسبعة أعوام، إحساساً لا يشوبه ريب بأن نيوتن أخذ من كتابه أكثر كثيراً مما اعترف به. جفل نيوتن من هذا التعريض وجاهر برغبته فى ترك الجمعية الملكية. وبدا فى ظاهر أمره وكأنه ينسحب أكثر نحو البحث فى اللاهوت والسيمياء.

وفى عام ١٦٧٩ أصبح هوك سكرتيراً للجمعية الملكية. وبوصفه هكذا، بات لزاماً عليه أن يضمن المقالات الهامة، وكتب إلى نيوتن بكياسة،

يسأله عما إذا كان لديه أية أخبار علمية. فكتب نيوتن رداً ساخراً، وأضاف في خاتمته نبأ صغيراً ساراً «لكي تحلو إجابتي»، كما قال لهالي Hally فيما بعد. فقد ناقش ماذا يمكن أن يحدث لو أسقطت كرة صغيرة من ارتفاع شاهق، بغير مقاومة، واقترح أنها سوف تقترب من مركز الأرض على شكل حلزون حلقاته متزايدة التقارب. وتناقش في هذا هوك و رن وفلامستيد وآخرون، وأشار هوك إلى أنها ينبغي أن تدور حول الأرض على شكل إهليلج. وخجل نيوتن من أن يصحح خطأه هوك، دوناً عن البشر أجمعين وباغتياظ شديد انكب على رياضيات المدارات الكوكبية، وأشبع غروره بإثبات أنه إذا تحرك الكوكب حول الشمس في شكل إهليلج فسينتج عن هذا أن قوة الجاذبية التي تحفظه متحركاً لابد وأن تختلف اختلافاً يتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بين الكوكب والشمس. واستبقى هذا لنفسه(١).

وعلى مدى خمس سنوات تالية، كان هوك و رن وهالي لازالوا يناقشون هذه المشكلة وبغير أن يجدوا حلاً. وفي عام ١٦٨٤ ذهب هالي إلى كمبردج ليشاور نيوتن، وكم كانت دهشته حين علم أنه حل المشكلة منذ أعوام خلت. وعندئذ انطلق هالي ليحث العبقرية الحساسة على أن يطور نظريته في الجاذبية ويدونها باستفاضة. كان نيوتن في الثانية والأربعين، وهالي شاباً شديد الذكاء والقدرة على الإقناع. إن هالي قد استحث نيوتن على كتابة (Principia Mathematica Philosophiae Naturalis) (المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية) ليس هذا فحسب، بل وأنفق من جيبه على نشره. حتى أن نيوتن كان يتحدث إلى هالي عن (البرنكيبيا)(١)، وهو أعظم الكتب العلمية طراً، بقوله (كتابك)(٢).

(١) راجع هامش (٤) صـ ١٣١ - ١٣٢ لهذا الفصل.
(٢) يسمى هذا الكتاب عادة بالكلمة الأولى في عنوانه بنطقها اللاتيني، فيقال كتاب (برنكيبيا Principia) أي (المبادئ) كناية عن (المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية). (المترجمة)

وضع نيوتن المادة العلمية لكتاب (برنكبيا) فى هيئتها العامة خلال مدة تقرب من ثمانية عشر شهراً. ويحتوى على ما يعادل ربع مليون كلمة، ويتكون الجزء الأول من بيان قوانين الحركة، وعمل جاليليو هاهنا قد امتد نطاقه واكتسب صياغة رياضية أكمل. وفى الجزء الثانى حلل نيوتن حركة الأجسام فى وسط مقاوم وكان هذا ضرورياً لاكتشاف ما إذا كانت الأجرام السماوية تتحرك فى وسط مقاوم أم فى فضاء خال وبموجب هذا، قام بتطبيق الرياضيات على نظرية الغازات والسوائل. وبين أن قانون بويل والذى بمقتضاه يتغير حجم الغاز بما يتناسب عكسيا مع ضغطه، يمكن اشتقاقه رياضياً من نظرية ذرية فى المادة. وحَسب سرعة الموجات الصوتية، واختبر نتائجه عن طريق الصدى الذى يمكن سماعه بأحد الأبنية فى كلية ترينتى. وتحليله استنتج شكل الجسم الذى يعطى أقل مقاومة ممكنة فى مروره خلال سائل واقتراح أنه يمكن «أن يفيد فى بناء السفن».

وفى الجزء الثالث طبق نسقه الميكانيكى الكامل فى تحليل حركة الأجرام السماوية متصوراً إياها ككتل من المادة تشد كل منها الأخرى تبعاً لقوانين الجاذبية. ووضع نيوتن نظرية التوابع الفلكية المصطنعة، وفى ١٧٢٨، بعد وفاته بعام واحد، نشر رسم تخطيطى يوضح مداراتها. إن التباين الحاد بين وصف نيوتن الكامل للعالم الفيزيقى، كما كان معروفاً أنذاك، حتى أدق تفاصيله، وبين تلمس كوبرنيقوس للطريق ورجم كبلر للغيب ومحاولات ديكارت الخاطئة، هو على وجه التقريب التباين الحاد بين الفوق بشرى والبشرى. ولم تكتشف الأشياء الصغرى التى تتعارض مع نظريته إلا بعد مائتين من السنين، وبدا أن نيوتن قد ارتفع بالجنس البشرى إلى نطاق معرفى جديد وأرقى. وتبدى عالمه كساعة ميكانيكية كاملة، صنعها الخلاق وجعلها تنطلق فى عملها، ثم تركها لتسير بنفسها إلى الأبد.

واعتقد نيوتن أن التضمنات اللاهوتية لعمله لها الأهمية الأعظم. وحسب أنه أقام الدليل على أن العالم قد صنعه بالضرورة موجود عاقل، وأن الله تبعاً لهذا موجود بالضرورة وهو على أية حال لم ينس أبداً أن نظريته فى النظام الشمسى أعطت من حيث المبدأ مفتاحاً لحل أهم المشاكل العملية والعلمية فى انجلترا إبان عصره: الحساب الدقيق لخطوط الطول ولنظرية المد والجزر بل وحتى لمستويات المد فى الموانئ الإنجليزية الهامة. وضع قبيل نهاية كتاب (البرنكبيا) تعليقاً يقول فيه إن تحليله «قدم خدمات وفيرة لتفسير كل حركات الأجرام السماوية»، وأضاف «وكل حركات بحرنا».

وبعد نشر كتاب (البرنكبيا) تاق لمنصب رسمى. فقام تلميذه السابق تشارلز مونتاجو Ch Motague، والذى أصبح فيما بعد لورد هاليفاكس Halifax، بتعيينه مراقباً عاماً لدار سك النقود عام ١٦٩٦، ورئيساً لها عام ١٧٠٠. فأدى مهامه بأمانة وكفاءة تحتذى، وإن كان بلا إبداع خاص وتوفى عام ١٧٢٧ رجلاً ثرياً.

ولم ينشر نيوتن بحثه فى الرياضيات حتى عام ١٧٠٤، بعد أن قضى روبرت هوك نحبه وأتاح النشر المتأخر للكتاب أن يضمنه ملحقاً عن التأملات العلمية، اسماه (تساؤلات Queries)، كانت قد شغلته طوال حياته، ويبدو أنها احتوت على حقائق هامة، لم يكن قادراً على إقامة الدليل عليها، أو لم يجد الوقت لهذا. وعبّر عن الأفكار التى آذنت بالديناميكا الحرارية ونظرية الكمومية Quantum وتفكر فى أن الذرات تتحد لتكون أجساماً عن طريق القوى الكهربائية، وأن الجهاز العصبى والجهاز العضلى يعملان بواسطة الإشارات الكهربائية. وخمن أن معدل كثافة الأرض حوالى خمسة أضعاف ونصف معدل كثافة الماء، ويكاد يقترب هذا من الصواب.

لقد أكمل عمل نيوتن التطور العلمى الصاعد منذ عهد التفجر والنشاط التجارى. وطرح التفسير المتكامل لعالم الملاح، وتوقفت سرعة التقدم العلمى، ما يقرب من مائة عام، ريثما تلقى العلم دفعة جديدة، يمكن مقارنتها من حيث القوة بالدفعة التى حملت نيوتن إلى ذروة الإنجاز.

مصادر جديدة للقوى

تلقى انقلاب انجلترا من بلد زراعى إلى بلد صناعى دفعة قوية من هنرى الثامن، وذلك من خلال تصفيته للأديرة. فقد دخل فى حوزتها ما يقرب من ربع الأراضى المنزوعة. أقر هنرى أنها تدار بأسلوب خاسر، وأعطاها للأتباع ذوى الهمم والذين أمكن الاعتماد عليهم فى استغلالها استغلالاً يدر ربحاً أوفر. وأنجب هؤلاء السادة الجدد للأراضى كثيرين من رجال الدولة الذين عملوا فى خدمة إليزابيث الأولى وبثوا فى عهدها مثل تلك الطاقة الخلاقة. واعتمد الرجال ذوو الطموح آنذاك اعتماداً أكبر على التجارة والنقد كوسيلة للقوة. وحتى العائلات التى امتلكت ضياعاً طوال المئات من السنين نظرت إليها أولاً على أنها أعمال مربحة تمد المدن النامية وقطاع السكان الصناعى المتنامى بالغذاء والمواد الخام، وثانياً على أنها مصدر المأكل والملبس لأنفسهم ولذويهم. واستثمر التجار الناجحون ثرواتهم فى الأرض وحاكوا أسلوب الحياة الإقطاعى، لكنهم لم يفقدوا منزعهم التجارى الأصيل نحو التملك.

ومن ثم فإن الرجال الأبعد نظراً من الارستقراطية القديمة وأقطاب الريف الجدد الذين هم أصلاً تجار قد انهمكوا فى التطوير التجارى والتقنى لضيعاتهم. وكانت نظم صرف المياه بهدف جعل المستنقع المهدر منتجاً، بعضاً من أسبق وأكبر المشاريع التى نشأت عن زراعة الأراضى

على أسس أقرب إلى الأعمال التجارية. وفى عام ١٩٣٠ شكل إيرل بيدفورد الرابع شركة لتصريف مياه خمس وتسعين ألف فدان[1] من البطحاء. واستخدموا المهندس الهولندى فرمويدن Vermuydem لتنفيذ نظام الصرف. فشق قنوات حول الأماكن المرتفعة من الأرض، حتى تنصرف مياه الأمطار منها مباشرة وتصل إلى الأنهار، وهذه الطريقة حالت بينها وبين الانسياب إلى المستنقعات، والتى كانت فيما سبق بمثابة بركة آسنة واسعة ومستديمة، وكنتيجة لهذا جفت مساحة المستنقعات وأمكن زراعتها. واستغرق تنفيذ خطط فرمويدن عشرين عاماً. ومنذ ذلك الوقت تزايدت مساحة الأفدنة الزراعية من أراضى المستنقعات فى البطحاء التى صرفت مياهها، حتى بلغت سبعمائة ألف فدان ، وفرت المساحات الشاسعة من أخصب بقاع انجلترا التى تغل عادةً ضعف المحصول المعهود.

ونظم صرف المياه هذه أثارت الاهتمام بمشاكل المساحة والحفر والهندسة الهيدروليكية وتطوير المضخات. والمضخات كان يمكن تسييرها بالطواحين الهوائية وليس عدم انتظامها فى أداء عملية رفع مياه التصريف بالعقبة الكأداء التى يستحيل تجاوزها، إذ لم يحدث أبداً فى أى وقت مضى أن كان من الضرورى ضخ مياه التصريف بعيداً طالما يتم رفعها. فانكب ملاك الأراضى ذات مصادر التعدين على استثمارها بنفس الروح الأكثر نزوعاً لطبيعة العمل التجارى. والمحصلة أن سادة الأراضى ذوى العقول العملية التجارية فى أواسط القرن السابع عشر أصبحوا شديدى العناية بالماكينات، وخصوصاً ماكينات الضخ. فاحتاجوا إلى مصدر طاقة جديد لتسيير المضخات، مصدر أقوى ويمكن الارتكان إليه أكثر من الطواحين الهوائية.

(١) فى الأصل الانجليزى ليس (فدان) طبعاً، بل آكر Acre وهو وحدة تقسيم الأراضى الزراعية فى انجلترا، لكننا فضلنا ترجمته بـ(فدان) وهو وحدة تقسيم الأراضى الزراعية فى مصر. رغم اختلاف مساحة الأكر عن مساحة الفدان، حتى يكون أقرب إلى القارئ خصوصاً وأن المعنى لا يتغير البتة بفارق المساحة هنا. (المترجمة)

وكان ماركيز وركستر Marquis of Worcester مثالاً بارزاً لهؤلاء الملاك ذوى العقول المتوجهة للماكينات. نشر كتاباً بعنوان «قرن للاختراعات» A Century of Inventions يحتوى على أوصاف مائة اختراع device(١) ميكانيكى، وحصل عام ١٦٦٣ على ترخيص لرفع المياه بواسطة البخار. فقد فكر، مثل آخرين فى ضغط البخار كمصدر جديد للقوة، وكانت المشكلة هى اصطناع وسيلة تمكن من استغلاله. وصمم مضخة أمكن بواسطتها أن يندفع الماء من أعلى أنبوب عن طريق بخار يتصاعد من مرجل. وتؤدى هذه العملية على ثلاث حركات، محكومة بثلاثة صنابير أو سدادات، أحدها فى أنبوب البخار المتصاعد من المرجل، والثانى أعلى أنبوب انطلاق الماء أما الثالث فيحكم تدفق الماء إلى أسفل أنبوب الانطلاق وعن طريق عمل الصنابير الملائم، يدفع البخار الماء إلى أعلى أنبوب الانطلاق ولأقصى مستوى، وهكذا يتم رفع الماء. أتت أوصاف الماركيز أقرب إلى الإبهام، ربما لأنه لم ينجز كل العمل فى اختراعاته الميكانيكية، أو لعله كان يخفى التفاصيل الحاسمة كى يحبط مسعى المقلدين.

وفى عام ١٦٩٨ نجح سيفرى savery فى تقديم مضخات بخارية مؤسسة على هذه المبادئ، لرفع الماء من أجل سد الاحتياجات المنزلية فى البيوت. ولم تكن ملائمة للاستخدام الصناعى، إذ كانت عاجزة عن إحداث الأثر المطلوب وعرضة للأعطال. فالبخار على اتصال مباشر بالماء، ويتكثف بسرعة شديدة، ويتبع هذا نقصان فى قوة الضغط وأدت محاولات سد هذا النقصان عن طريق زيادة الضغط إلى انفجارات. فكان الاحتياج إلى طريقة لحفظ البخار بمنأى عن الاتصال المباشر بالماء. وحوالى عام ١٦٩٠ أظهر المخترع الفرنسى دنيس بابين D.Papin، وهو

(١) لعل من الأصوب لغوياً ترجمتها (حيلة)، خصوصاً وأن علم الميكانيكا عرفه العرب فى تراثهم الزاخر تحت اسم (علم الحيل). ولكننا وجدنا (حيلة) لن تعطى القارئ المعاصر المعنى المقصود. خصوصاً وأن هذا المصطلح الآن يستعمل كثيراً فى اللغة الجارية بمعنى جهاز دقيق. (المترجمة)

مخترع وعاء الطهى بالبخار، كيف يمكن رفع مكبس فى أسطوانة تحوى قليلا من الماء عن طريق جعل الحرارة خارج الأسطوانة. وتحول الماء إلى بخار، يدفع المكبس إلى أعلى.

إما أول محرك صناعى فعال يستخدم البخار، فقد اخترعه، حوالى عام ١٧٠٢، تاجر أدوات معدنية فى ديفونشير Devonshire يدعى نيوكومن Newcomen(١)، تاجر فى المعاول والمجاريف وأدوات معدنية أخرى، وكان على دراية مباشرة بالاحتياجات الملحة لصناعة التعدين فى ميدلاندز وبالمثل تماماً فى ديفون وكورنوال. فنجح فى إدخال مكبس بابين فى آلية المضخة البخارية التى تصورها وركستر وسيفرى، فيجعلها فعالة وقوية بما يكفى لأن تكون ماكينة صناعية عملية، وتكونت أساساً من أسطوانة تشغيل تحتوى على مكبس. والمكبس يدفعه بخار يتصاعد من مرجل. وعندما يعلو المكبس فى داخل الأسطوانة يُفصل البخار، وينثر داخله رذاذ الماء البارد. وهذا يجعل البخار يتكثف والضغط الجوى فوق المكبس يدفعه إلى أسفل، كما كان الحال فى التجربة التى أجراها جويرك على الكرات فى ماجديبورج وكان المكبس موصولاً برافعة ذراع، بحيث أنه حين يهبط إلى أسفل، كان الطرف الآخر من الذراع يلحق بقضيب يحرك مضخة فى قاع المنجم.

كانت آلية نيوكومن من حيث المبدأ تماثل تماماً المضخة اليدوية العادية لرفع الماء من بئر فى المرعى. فبحث عن دعم الحكومة لتطوير محركه. ويبدو أن إسحق نيوتن هو الذى تحقق من أمره، وعلى أية حال كان مقتنعاً بأن نيوكومن لديه فكرة خاطئة عن كيفية عمل محركه ومع هذا عمل محرك نيوكومن. لقد اقحم طاقة البخار فى الصناعة وخصوصاً لضخ الماء بعيداً عن مناجم المعادن ومناجم الفحم، وعلى الرغم من كفاءته المتواضعة فقد بقى فى ميدانه خمسين عاماً. وهذا لأنه

(١) توماس نيوكومن (١٦٦٣ ـ ١٧٢٩). (المترجمة)

كان يمكن أن يعمل بنفايات الفحم، التى لا تكلف أية نفقات فعلية فى حفر المناجم.

أعطى محرك نيوكومن دفعة كبيرة لتطوير استخراج المعادن من المناجم فى كورنوول، واستخراج الفحم من المناجم فى ميدلاندز MID-LANDS (الأراضى الوسطى) والشمال الشرقى واسكوتلندا وبذلت محاولات لاستخدامه فى تسيير المطاحن، بل وحتى السفن، ولكنه لم يكن ملائما أو فعالاً بما يكفى لأداء هذه الأغراض.

وفى غضون هذا كان ملاك الأراضى الجدد يكونون ثروات طائلة. ولعل السير هوج سميثسون H.Smithson، نجل مالك الأراضى الرئيسى فى يوركشاير، أكثرهم إثارة للعجب والإعجاب، كان يستشرف الأمور من منظور رجال الأعمال. فتزوج عام ١٧٤٠ من إليزبيث بيرسى E.Percy، وريثة أراضى عائلة بيرسى فى نورثامبرلاند Northumbrland وحفر مقالع كثيرة للفحم فى أراضى العائلة، فارتفع عائدها من ٨٦٠٧ جنيهاتٍ فى عام ١٧٤٩ إلى ٥٠٠٠٠ جنيه فى عام ١٧٧٨ إذ كان يتم استيراد وقود الفحم من نيوكاسل[1] Newcastle من أجل احتياجات السكان فى لندن الأهلية والصناعية، وكانت تتزايد سراعاً. وأصبح سميثسون أول دوق لنورثامبرلاند، وكانت حاشيته أكثر عدداً وعدة من حاشية الملك جورج الثالث، مما يعطى إيضاحاً ساطعاً لمكانة ونفوذ أقطاب الصناعة الجدد.

وحتى محركات نيوكومن لم تعد تستطيع مجاراة المطالب النهمة لأقطاب الصناعة الجدد. ففى مناجمهم كانت مراكب الفحم تجر من نفق

(١) كانت نيوكاسل دائما هى موطن الفحم الوفير، حتى دخل صميم اللغة الانجليزية التعبير to carry coal to Newcastle : يجلب الفحم إلى نيوكاسل) للدلالة على من يجلب شيئاً لمكان يستحيل أن يحتاجه لكثرة توافره، كما نقول بالعربية: (يجلب التمر إلى هجر، أو يجلب الماء إلى حى السقائين). ولكن استطاع سميثسون لقربه أن يقوم هو بتوريد الفحم إلى لندن لسد احتياجاتها المتزايدة، فتتزايد ثروته بمعدل قل أن يتكرر. (المترجمة)

المنجم إلى قيعان غوره، ويحمل الفحم إلى خارج مداخل المنجم بواسطة مرافع يدوية أو مرافع تعمل عن طريق الخيول، فلم تكن العملية تنجز بالكفاءة المنشودة.

وأصبح من الضرورى وجود محركات لمعدات مناجم الفحم الرافعة، من أجل نقل الحمولات فى عربات لأعلى المنجم. هذا فتح المجال للطلب على محركات تستطيع أن تجعل العجلات تدور.

حدثت تطورات مشابهة فى مراكز أخرى ذات مزايا طبيعية، من قبيل مقاطعة كلايد فورث Clyde Forth فى مراكز سكوتلندا. فقد اشتملت هذه المقاطعة على ترسبات فحم وموانئ بحرية ملائمة، مثل جرينوك Gree-nock وجلاسكو Glascow فى كلايد، وليث Leith فى فورث. وكانت لجلاسكو تجارة متنامية فى السكر والطباق مع جزر الهند الغربية وأمريكا، ولليث تجارة متنامية مع البلدان البلطيقية فى الأخشاب والذرة. وبلغت تجارة جلاسكو حجماً كبيراً حتى أن أحد تجارها استورد عام ١٧٤٠ واحداً إلى اثنى عشر من مجمل الطباق الذى استهلكته أوروبا.

وكان تجار جلاسكو هؤلاء ذوو الثراء الفاحش لهم نادٍ، دعوا إليه أستاذ الفلسفة الأخلاقية فى جامعة جلاسكو. إنه آدم سميث A.Smith وشرحوا له أصول أعمالهم التجارية. وقد استخلص سميث خطة هذه الأصول ودونها فى كتابه (ثروة الأمم The Wealth of Nations)، فأصبح الكتاب المدرسى لعالم الأعمال التجارية الجديد، طوال المائة عام التالية.

وأصبحت الموانئ من شاكلة جلاسكو المراكز السكانية التى ازدهرت فيها التجارة مما أدى إلى فتح الأسواق للبضائع الاستهلاكية والسلع الترفية، من قبيل المنسوجات والويسكي. وطرحت صناعة هذه المنتجات إشكاليات بشأن الصباغة والتقطير وشُيدت المصانع لتحويل الواردات، كالسكر الخام والجلود إلى منتجات للمأكل والملبس، وكان لجلاسكو

مدبغة فى أوربا، وأنشئت المحال الهندسية لصنع المراجل من أجل تكرير السكر. وتطلبت هذه التطورات الصناعية معرفة بالكيمياء والفيزياء. وهب الصناع فى جلاسكو يطالبون الجامعة بأن تبدأ فى تدريس مقررات فى الكيمياء علَّها تؤهل بنيهم لإدارة مصانعهم. وبدأ أستاذ الطب البارز وليم كولن W.Cullen مقررات فى الكيمياء، وأقام معملاً كيميائياً للعمل التجريبى، ليلبى هذا المطلب على وجه التعيين. ولازالت جامعة جلاسكو تملك تقارير عامى ١٧٤٧ و١٧٤٨، وفيها عوقب كولن لشرائه كتباً ومواداً كيميائية لهذه الأغراض.

وكما لاحظ دوماس M.Doumas(١)، كان الكيميائيون وعملهم فى القرن السابع عشر وبواكير القرن الثامن عشر بصفة عامة محلاً للإزدراء.

«الكيميائيون لابد وأن تُحمى بهم الأفران، إنهم يعملون بمواد خبيثة الرائحة، وملابسهم عموماً مغطاة بحرائق وأدران، وكانت تجاربهم مصدراً لعديد من الشكاوى العامة. كل هذا أخذ فى التغير شيئا فشيئا، عندما بدأت دراسة الكيمياء تدر عائداً مادياً متزايداً، وعندما أصبحت المعامل مجهزة تجهيزاً حسنا».

إن كولن واحد من أعظم أطباء زمانه، وكان معنياً بالكيمياء أساساً من زاوية طبية بيد أنه لبى المطلب الصناعى الجديد بالبحث فى كيمياء تبييض وتنقية ملح الطعام. وكانت عملية التقطير أساسية فى الصناعات الناشئة، وخصوصاً فى تصنيع الويسكى، ويعتمد التقطير على التبخير، فاجتذبت هذه الظاهرة اهتمام كولن. وبينما كان يطالع بياناً عن التجارب الكيميائية والفيزيائية الأخيرة، ساقه هذا إلى أن يراوده التفكير فى أن الماء والسوائل الأخرى حين تتبخر تحدث انخفاضاً فى درجة الحرارة. فأمر واحدا من تلاميذه أن يغمس على وجه السرعة مقياساً للحرارة

(١) من أهم علماء الكيمياء ومؤرخيها فى تلك المرحلة. (المترجم)

داخل وخارج سائل، ويزيد من معدل البخر بأن يحرك في الهواء بسرعة شديدة. وبهذه الطرق، نجح في إنتاج قطرة الكحول في درجة الحرارة ٤٤ْ، وبعد هذا أجرى تجارب على زيادة معدلات البخر، ومن ثم درجة البرودة، وذلك بوضع الماء أسفل مضخة هوائية وتقليل الضغط الواقع فوقه، نجح في إنتاج الثلج بهذه الطريقة، وأصبح مخترعاً لأول ماكينة تبرد الطعام لحفظه. وهذا أول شكل من أشكال المحرك الحراري؛ على هذا النحو أندفع البحث في اتجاه المحركات الحرارية منذ التطور الصناعي والعلمي في جلاسكو.

كان جوزيف بلاك J.black من بين تلاميذ كولن في جلاسكو، نجل جون بلاك وهو مستورد للخمور الاسكتلندية - الأيرلندية من بلفاست Belfast، واستقر في بوردو Bordeaux. أرسل جون بلاك ولده جوزيف إلى أدنبره ليدرس الطب على يد كولن، الذي انتقل إلى جامعة أدنبره، ولكن جوزيف وجد نفسه مهتماً أكثر بمحاضرات كولن الكيميائية. أدرك كولن مواهبه الفذة ورفض اعتباره تلميذاً وعامله كمساعد شخصي.

كانت متطلبات الصناعات الكيميائية الجديدة في جلاسكو هي التي توعز مباشرة بمقرر كولن الكيميائي. وحتى ذلك الحين، كانت الاحتياجات الطبية قد تركت تأثيراً كبيراً على الكيمياء، وكانت هذه الاحتياجات كيفية أكثر منها كمية، إذ كان الأطباء معنيين أساساً بالتأثيرات الشافية أكثر من عنايتهم بالكميات الدقيقة للعقاقير المستعملة. واختلف الموقف في الصناعة الكيميائية. إذ كانت مقادير المواد الخام المستعملة ضخمة، وبالمثل كانت مقادير الوقود المستهلك في عمليات التصنيع. وعلى هذا كانت نفقات المواد الخام والوقود كبيرة جداً، والأرباح تتوقف على الاستغلال الاقتصادي لها. هكذا أملى تطور الكيمياء الصناعية القياس الدقيق للمواد التي تتدخل في العمليات الكميائية، ولكمية الوقود المستهلك؛ كي يمدها بالحرارة الضرورية لحدوثها.

استوعب جوزيف بلاك من حيث هو طالب هاتيك الاتجاهات، وامتلك القدرة على تطبيقها فى الكيمياء والفيزياء على السواء. وقبل أن يبلغ عامه الثلاثين، ابتكر التحليل الكيميائى الكمى، ووضع أسس النظرية الكمية للحرارة، عن طريق اكتشافه الحرارة النوعية للمواد، أى كمية الحرارة اللازمة لرفع وحدة واحدة من الكتلة درجة حرارة واحدة واكتشافه الحرارة الكمونية، أى الحرارة المطلوبة لإحداث تغيير فى الحالة، كالتغيير من سائل إلى بخار، بغير رفع درجة الحرارة. وعُيِّن هذا الرجل الموهوب أستاذا للطب ومحاضرا للكيمياء فى جامعة جلاسكو عام ١٧٥٦، عندما كان فى عامه الثامن والعشرين.

وكان الكسندر ماكفرلين A.Macfarlane أحد تجار سكوتلندا الأثرياء، وأنفق على مرصد فلكى جيد فى جاميكا، أوصى بتوريث معداته لجامعة جلاسكو وقد وصلت إلى الجامعة فى صناديق التعبئة، وتم إيداعها بالمخازن. كانت الحاجة إلى صانع آلات ليفضها من مغاليفها وينظمها كى تعمل. وكان لأستاذ الكلاسيكيات[1] قريب شاب يدعى جيمس واط J.Watt وهو صانع آلات يلاقى شظفاً فى العيش. اقتنعت الجامعة بأن تعهد للشاب بالعمل كصانع آلات للجامعة، وأوكلت إليه مهمة تنظيم الأجهزة الفلكية الموصى بتوريثها.

* * *

(١) الكلاسيكيات هي علوم ولغات الحضارتين الإغريقية والرومانية، الأصول القديمة للحضارة الأوربية. (المترجمة)

اختراع المحرك البخاري

عُين جيمس واط صانع آلات لجامعة جلاسكو عام ١٧٥٧، وكان آنذاك في الحادية والعشرين من عمره. ليست أصوله غائرة. إنه سليل عائلة أبيردونية، من رياضيين تطبيقيين ومعلمي ملاحة، منحدر من صلب تيار الخلق العلمي في عصر الكشوف الجغرافية والتجارة، والذي أفضى إلى نصرة العلم النيوتوني. ونشأ في أسرة تعلق في غرفة معيشتها صورة نيوتن على حائط وصورة نابير على الحائط الآخر. كان جده قد استقر في جرينوك ليمارس مهنته في الميناء المتنامي بفعل التجارة مع الهند الغربية. وتبعه ولده جيمس، أبو المهندس جيمس واط، والذي مارس أعمالاً حرة من قبيل تزويد السفن بالشمع، وبالآلات الملاحية، وكان يمتلك سفينة صغيرة.

انتوى والد جيمس واط أن يورثه أعمالاً حرة جديرة بالاعتبار. ولهذا لم يُدرب على امتهان حرفه ولا أُرسل إلى جامعة. وعلى أية حال تبددت ثروة العائلة بفقدان السفينة في عرض البحر. وبسبب سن جيمس واط لم يكن من الممكن أن تقبله نقابة الصناع في جلاسكو التي تضم صناع الآلات، ولذا أرسل إلى لندن ليحوز خلسة على تدريب، وبغير عضوية في نقابة للصناع. وعندما عاد إلى جلاسكو عام ١٧٥٦، لم يؤذن له بافتتاح متجر آلات في المدينة. ولكن لم ينطبق هذا التنظيم على عمل الجامعة، إذ

تمتعت بالإعفاء من تشريع النقابات العائد إلى نظام وضعه البابا عام ١٤٥١. وعندما افتتح واط متجره للآلات فى الجامعة عام ١٧٢٧ كان فى الحادية والعشرين من عمره، وجوزيف بلاك فى التاسعة والعشرين، وآدم سميث فى الخامسة والثلاثين، وثمة كوكبة من أساتذة آخرين متميزين. أما قريبه مويرهيد فأحد محررى طبعة فوليس Foulis العظيمة لجيبون. فقد كانت جلاسكو آنذاك أحد مراكز الإبداع العقلى فى العالم.

وبينماكان كولن وبلاك يبدآن تعليمهما وإعدادهما العلمى لمدراء المستقبل للصناعات الفنية الجديدة، كان زميلهما جون أندرسون J. Aderson، أستاذ الفلسفة الطبيعية(١) يعتزم القيام بالتعليم والإعداد العلمى للحرفيين الذين تتطلبهم الصناعة الجديدة. ففتح أبواب فصوله الدراسية للصناع، وكان يأذن لهم بالحضور بملابسهم العمالية. وألقى محاضرات فى المبادىء العلمية والهندسية، موضحًا بالتجارب والنماذج العاملة. وبعد هذا تخلى أندرسون عن آلاته وكتبه وأطيانه كى يؤسس معهدًا للإعداد التقنى للعمال. إنه المعهد الأندرسونى Andersonian In-stitiuton، الذى أصبح فى وقت لاحق المدرسة الملكية التقنية العليا Roy-al Tehnical College والآن جامعة ستراثكلايد Strathclyde وبفضل قيمة جهود أندرسون، يمكن اعتباره مؤسس التعليم الفنى فى بريطانيا.

ومن بين النماذج التى استخدمها فى محاضراته كان ثمة نموذج لمحرك نيوكومن وعلى أية حال لم يكن يدور بصورة ملائمة. فاعطاه إلى جيمس واط ليرى ما إذا كان يستطيع أن يفعل أى شىء حياله. وأجرى محاولات فى بدائل شتى حتى جعل المحرك فى النهاية يدور بصورة متصلة. وفيما بعد قيل عن واط إنه يختلف عن «مجرد ميكانيكى» فى أنه

(١) ظل ظل اسم الفلسفة الطبيعية يطلق على ما يعرف اليوم بالعلوم الطبيعية وبخاصة علم الفيزياء حتى النصف الثانى من القرن الثامن عشر وهو ما نراه من عنوان مؤلف نيوتن المشهور «المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية». (المترجمة).

لم يتركه على علاته، بل انكب على محاولات ليكتشف لماذا لا يعمل. وكان فى السابعة والعشرين من عمره حينما بدأ فى هذا البحث. ومرت عليه ست سنوات كصانع آلات للجامعة، وأصبحت ورشته ملتقى العلماء المبدعين، والذين استمتعوا بمناقشة مسائل العلم وآلاته مع هذا الحرفى العبقرى ذى العلم المتين. واكتسب الأستاذ الموهوب بلاك عادة أن يقوم بزيارات غير متوقعة لواط ويمسك بآلاته، مطلقًا لنفسه الصفير بينما يقوم بتعديلات طفيفة.

وفى هذه الأجواء، اكتسبت عبقرية واط العوائد العلمية. واكتشف أن النموذج لم يكن يعمل بسبب تأثيرات المقاييس. فقد كان نموذجًا مطابقًا لمحرك نيوكومن ذى الحجم الكامل. فى مثل ذلك النموذج كانت نسبة مساحة جدران الأسطوانة إلى الحجم الكلى أكبر كثيرًا من نسبتها فى المحرك بالحجم الكامل. وتبعًا لهذا، كان معدل الحرارة المفقودة من أسطوانة النموذج أكبر كثيرًا من معدلها فى المحرك بالمقاييس الكاملة. ولم يستطع مرجل الإنموذج أن يمده بالبخار بالسرعة الكافية لتعويض هذا التأثير، من ثم توقف المحرك بعد بضع دورات. وحينئذٍ شرع واط فى دراسة منهجية لحركة الحرارة فى كل عملية من عمليات المحرك. ووجد أن أسطوانة النموذج مصنوعة من النحاس الأصفر الذى يوصل الحرارة خارجها بصورة أسرع كثيرًا من حديد الزهر المستعمل فى صنع المحرك بالحجم الكامل.

ثم حاول أن يتتبع ما يحدث داخل أسطوانة محرك نيوكومن، مستفيدًا من اكتشاف كولن لمفعول تبخير الماء تحت ضغط منخفض. فحاول أن يزيد الاستفادة من الفراغ الناجم عن تكثيف الماء بواسطة رذاذ الماء البارد. فجعل خزان الماء البارد أوسع، ولكن وجد أن هذا بينما يزيد الاستفادة من الفراغ، فإنه يزيد الحاجة إلى بخار أكثر لرفع درجة حرارة الأسطوانة فى دورة التشغيل التالية. والقياسات التى أجراها بيْنت

الفائدة العظمى التى يمكن أن تجتنى إذا أمكن تكثيف البخار بطريقة ما أخرى غير تبريد الأسطوانة. ولكن على الرغم من بذله جهوداً مكثفة. فإنه لم يستطع فى بداية الأمر أن يتبين أية طريقة أخرى لتحقيق هذا.

فبحث فى تأثير درجة الحرارة والضغط على نقطة غليان الماء ورسم نتائجه فى منحنى بيانى، لكى يكتشف أفضل ظروف الحرارة والضغط لإدارة المحرك. ووجد أن الحجم المعطى من الماء حينما يتحول إلى بخار، فإنه يشغل حجماً أكبر بألف وثمانمائة مرة فمكّنه هذا من حساب حجم البخار المستهلك فى كل دورة من دورات تشغيل المحرك، وكم كانت دهشته حين اكتشفت أنه يعادل أضعاف حجم الأسطوانة، واكتشف أيضاً أن كمية بخار صغيرة بصورة ملحوظة يمكنها رفع درجة حرارة الماء إلى نقطة الغليان؛ وهى فى الواقع تستطيع رفع درجة حرارة كمية من الماء البارد تعادل ستة أضعاف وزنها، إلى نقطة الغليان. وأخبر بلاك بهذا الاكتشاف، فشرح له بلاك أن هذا مثال لانتقال الحرارة الكامنة حين تتغير الحالة من بخار عادى إلى ماء سائل. وكنتيجة لهذه الأبحاث، اكتسب واط رؤية جديدة تماماً ذات خاصة تكميمية لصميم عمل محرك نيوكومن. لقد منحته سيطرة دقيقة وعينية على كفاءة المحرك المنخفضة وعلى المغنم الاقتصادى الكبير الذى يمكن أن يكتسب بمواصلة التكثيف بدون تغيير حرارة الأسطوانة وتبريدها.

لقد استغرقته هذه المشكلة طوال عامين قبل أن يومض الحل فى ذهنه بينما كان يتنزه سيراً على الأقدام عبر جرين جلاسكو Green Glascow صباح يوم أحد فقد تراءى له بغتة إمكانية حيازة غرفة فراغ منفصلة ويمكن أن ينطلق داخلها البخار المستنفد من أسطوانة المحرك ويتكثف. وفى غضون ساعات قلائل كان قد بنى فى خياله طرق إنجاز هذا. فقد أدرك أنه من غير الممكن أن نمنع البخار من التسرب حول المكبس بأن نغطيه بالماء، كما فى حالة محرك نيوكومن، وذلك لأن الأسطوانة ستبقى دائماً ساخنة. وساقه هذا إلى إدخال البخار إلى الأسطوانة أعلى المكبس واستغلال ضغطه فى دفع المكبس إلى أسفل، بدلاً من استغلال الضغط الجوى.

هكذا اخترع واط محركًا بخاريًا سديدًا، لأن محرك نيوكومن كان يستغل البخار بمحض طريقة غير مباشرة. وقياسات واط السابقة على البخار جعلته على وعى بأن كفاءة محركه سوف تعادل أربعة أضعاف كفاءة محرك نيوكومن وفى غضون أسبوعين كان قد صنع نموذجًا عاملاً لمحركه، موجودًا الآن فى متحف العلوم بلندن. إن اختراع جيمس واط للمحرك البخارى السديد لهو أهم اختراع فى العصور الحديثة. فانجازه، شأن إنجاز كوبرنيقوس ونيوتن، وربما أكثر، وضع الحدود الفاصلة بين التاريخ القديم والتاريخ الحديث، وذلك لأنه فتح الطريق لإنتاج قوة بلا حدود. فحدود القوة اليدوية والحيوانية، وقوى الرياح والماء، بل وحتى حدود قوة محرك نيوكومن الذى يسير بالضغط الجوى وقفت حائلا دون التوسع الثورى فى ما ينتجه الإنسان وفى مسعاه.

ولم تكن عبقرية واط فى تطوير محركه، وفى الهندسة اللازمة لهذا الغرض، بأقل لفتًا للانتباه من الاختراع ذاته. إذ كانت الهندسة قبل عصره عمل الحرفى. والحرفيون هم الذين بنوا محركات نيوكومن، وعن طريق تركيب أجزائها من المواد الخام وهم فى مواقعهم، بنفس الطريقة التى لاتزال تُبنى بها المنازل الريفية فى يومنا هذا. لقد عمل هؤلاء الرجال بقياسات تقريبية، إلى حد يقترب أدناه من ثمن بوصة. إحدى مناقب محرك نيوكومن، أنه يمكن أن يعمل على الرغم من كونه مصنوعًا بتلك الطريقة التقريبية الغشوم، وعندما حاول واط أن يبنى محركًا ذا حجم صناعى، فيه يمارس ضغط البخار تأثيره مباشرةً على المكبس، وجد المهندسين الميكانيكيين المعاصريين له عاجزين عن صنع آلة بالدقة التى تكفى لاستغلال اختراعه للمكثف المنفصل. وكان عليه أن يضطلع بمهمة طويلة وشاقه للتطوير الهندسى المكلف، وأن يحصل على التمويل النقدى الذى يمكنه من المثابرة على هذه المشكلة.

وأول من دفع دعمًا لأعماله هو الدكتور جون روبيك J. Roebuck، مخترع عملية غرفة الرصاص من أجل تصنيع حمض الكبريتيك. وهذه العملية خفضت ثمن أهم الكيمياويات الصناعية لدرجة مدهشة. وقد تبدت لروبيك إمكانيات صناعية هائلة بمنطقة نهر كارون Carron فى فيرث فورث Firth of Forth. فأسس ثمت مجمعًا صناعيًا، فيه يُستخرج الفحم من مناجمه ويصهر خام الحديد، ويتم تصنيع مجال من المنتجات يمتد من المدفع إلى المراجل. وكان لابد من إنجاز هذا تبعًالأكثر المبادىء العلمية والتقنية المعاصرة تقدمًا. وقع روبيك فى صعوبات أورثها فيضان خطير فى مناجمه، فبات معنيًا عناية ملحة بمشكلة ضخ المياه من المناجم. احتاج إلى شىء ما أقوى من محركات نيوكومن. وبوصفه عالمًا، أمسك بجمع اليدين على أهمية ومغزى اختراع واط للمكثف المنفصل، ومن ثم انطلق بحماس فى تشجيعه وتمويله. ولكن فى وقت لاحق توًا لهذا وقع روبيك فى مصاعب مالية. وكان على واط أن يجد ممولاً آخر.

وفى بيرمنجهام Birnimgham، كما هو الحال فى مراكز صناعية أخرى، بحث المصنعون الأكثر تقدمية عن مصادر متزايدة للقوة. وكان رائدهم المبرز ماثيو بولطن M. Boulton الذى يقوم بتصنيع سلع معدنية تبعًا لخطوط منظمة تنظيمًا عقلانيا، يبحث عن محرك يمكنه أن يجعل عمله يدور بغير انقطاع، وبالتالى يستطيع اغتنام مزايا الإنتاج المطرد. استغل القوة المائية والتى هى عرضة للتوقف فى فصول الجفاف فينقطع الإنتاج. فكانت فكرته أن يحصل على محرك يمكنه ضخ نفس المياه إلى ساقيته مرارًا وتكرارًا حيز ف جريان الماء فى الترع.

إن نمط أعمال بولطن وشخصيته التقنية التقدمية اجتذبت رجالاً ذوى مواهب. وأصبح بنيامين فرانكلين واحدًا من أصدقائه وناقش معه المشاكل التقنية. وساعده إرازموس دارون، الطبيب الرائد فى ميدلانذ Midlands بنفس الطريق. وأوصاه فرانكلين بأن يرعى الدكتور وليم صمول W. Small،

وهو طبيب وعالم فيزياء اسكوتلندى، كان أستاذًا فى فرجينيا، حيث قام بالتدريس لتوماس جيفرسون[1]، وقال جيفرسون فيما بعد: «إنه حدد مصير حياتى». اضطر صمول أن يغادر فرجينيا بسبب اعتلال صحته ومن ثم أسعده أن يستقر فى ببرمنجهام تحت رعاية بولطن. عرف صمول مواطنه الاسكتلندى جيمس واط. ومن أجل صمول جاء واط ليزور بيرمينجهام. فى الزيارة الأولى كان بولطن بالخارج وبصفة خاصة قام إرزموس دارون باستقبال واط، وللوهلة الأولى أدرك عبقريته وشخّص مزاجه.

(١) (توماس جيفرسون Thomas Jefferson من أهم أقطاب «الحضارة الأمريكية». إن جاز هذا التعبير، فى الواقع وفى الفكر. فهو الذى صاغ عبارات إعلان الاستقلال، وكان حاكمًا لولاية فرجينيا، وتقدم عام ١٨٠٠ لرئاسة الولايات المتحدة الأمريكية.

وكان قد تلقى أصوليات الليبرالية والحرية من جون لوك. فيلسوف الحرية الانجليزى، فأعملها ليكون من طليعة الرواد الذين حاولوا تشكيل معالم وقسمات للمجتمع الأمريكى المهجن والمختلط الأصول، عساه أن يصبح مجتمعًا ذا شخصية. وطبقًا لما تلقاه من جون لوك، بمعية مبادىء الثورة الأمريكية المأخوذة من مبادىء الثورة الفرنسية، دارت كل جهود جيفرسون حول تأكيد الحرية فى ثلاثة ميادين: السياسة والدين والتعليم ـ فى دفاعه عن حرية السياسة، أكد حق الثورة على الحكومة القائمة إن هى قصرت فى تحقيق السعادة التى من أجلها تعاقد الأفراد على قيام تلك الحكومة، ويعرض لنا جيفرسون صورة الشخصية الأمريكية التى تبحث عن المنفعة دائمًا حين نلقاه يتحفظ وفيما هو موثق ومكتوب بشأن حق الثورة على الحكومة فلا يجيزه إلا إذا أفحشت فى الفعل، بينما ينطلق بهذا الحق فى تطرف وحرارة حين يخطب أو يحاول استمالة الجماهير والمستمعين، حتى يقول: «اللهم لا تقدر لنا أن نظل عشرين عامًا بغير ثورة ـ لأن شجرة الحرية لابد لها من الازدهار حينًا بعد حين مرتوية بدماء الشهداء والطغاة».

والاقتصاد لا ينفصل عن السياسة، فلا ينفصل عن هذا دفاع جيفرسون عن حرية الملكية، والتى جعلها بدورها محدودة بالحدود التى تمكن الآخرين من التمتع بها. ـ أما دفاعه عن الحرية الدينية فيقول على الحد من سلطة الهيئات الدينية، فليس من حقها أن ترغم أحدًا على الإيمان، أو أن تضطهد إنسانًا بسبب عقيدته، وقياسًا على الدفاع عن كل صور الحرية التى لا تضر الآخرين، يكون لكل إنسان الحق فى اعتناق أو إنكار أية عقيدة. يقول: «لن أنزل بجارى أذى» لو قلت إن فى الكون عشرين إلهًا أو قلت إنه ليس هناك إله، لأن هذا القول لا يسلبه مالاً ولا يكسر له ساقًا».

ـ وعقل الفرد مرجعه الوحيد فى السياسة والدين، فوجب تعميم التعليم بين الناس جميعًا. وصحيح أن الناس ليسوا متساوين فى قدراتهم العقلية، إلا أنه يجب قبلاً تهيئة فرص متساوية للتعليم أمام الجميع.

وعندما توفى جيفرسون كتبوا على قبره ـ كما أوصى أهم ثلاثة أعمال أنجزها: صياغة (إعلان=

وفى الزيارة الثانية قابل واط بولطن، وسرعان ما أدرك هذان الرجلان المبرزان أنهما شخصيتان متكاملتان؛ فلدى واط العبقرية ولدى بولطن حس الأعمال الحرة. تصور بولطن خطة ضمان الترخيص لمصدر القوة الجديدة فى سائر البلدان ثم سحب مبالغ الجُعالة[1] عليه من العالم أجمع. وأسس بولطن شركة منفصلة، شركة بولطن وواط، لتصنيع المحرك البخارى. فأصبحت أشهر شركة هندسية فى زمانها . فيها نجد الرسم الهندسى الحديث لآليات الإنتاج، وتصميمات تخطيطية لنماذج الماكينات فى الورش، ودراسة أوضاع العمل والتأمين الصناعى كل هذا يتم تجويده بل وإيجاده إيجادًا لدرجة حقيقة بالاعتبار، وتطلبت أعمال بولطن وواط فريق عمل قديرًا ضم هذا الفريق وليم مردوك W, Murdock، الذى أضاء مهام العمل بغاز الفحم، وثمة رجل آخر تمتع بنفس القدر من الموهبة، وهو المهندس جيمس سنزن J. Southern، اخترع بمشاركة واط المؤشر البياني. وهذا الاختراع الحاسم يضع رسما بيانيًا لتغيرات الضغط ودرجة الحرارة التى تحدث داخل أسطوانة المحرك البخارى أثناء دورة تشغيل المكبس وعن طريقه صُنع المحرك بحيث يسجل أوتوماتيكيًا التغيرات الفيزيقية فى البخار التى تحدث داخله. وقد بيّن الفيزيائى الفرنسى الشاب سادى كارنو Sodi Cornot أن دورة العمليات فى المحرك البخارى تتيح إمكانية الحساب الدقيق لكفاءة محرك كامل، يعمل داخل مدى معطى من درجة الحرارة.

وقام واط بتقسيم مقياس مطلق للقوة التى يعطيها محرك. وكان هذا ضروريًا لأسباب تجارية، لكى تقاس القيمة التجارية للمحرك وبالتالى

=الاستقلال)، مؤكداً إيمانه بالحرية السياسية ـ ووضع (قانون الحرية الدينية) لولاية فرجينيا، مؤكداً إيمانه بالحرية الدينية ـ وأنشأ لها (جامعة فرجينيا)، مؤكداً إيمانه بحرية التعليم.

(د. زكى نجيب محمود، حياة الفكر فى العالم الجديد، دار الشروق القاهرة وبيروت، ط ٢ سنة ١٩٨٢. ص ٢٥ : ٣١). (المترجمة)

(١) الجعالة هى حصة من المال لصاحب العمل مقابل كل نسخة مبيعة. (المترجمة)

الثمن الذى يُفرض له. ولهذا الغرض قام بتعيين قوة الحصان، بوصفها القوة المطلوبة لرفع ٣٣٠٠٠ رطلاً، لمسافة قدم واحد خلال دقيقة واحدة. واخترع الأمتار المثبتة التى يمكن أن تتصل بمحركاته فتسجل أوتوماتيكيًا كمية الجهد التى تبذلها المحركات وقياس واط الدقيق لكمية الجهد التى تبذلها محركاته أدى إلى المفهوم العلمى المتعين للطاقة، وإلى قياس جول Joule للمكافىء الميكانيكى للحرارة، وبالتالى إلى تأسيس مبدأ بقاء الطاقة(١). وأدى ارتباط مبدأ بقاء الطاقة بدورة كارنو إلى تأسيس علم الديناميكا الحرارية.

على هذا النحو ألهم محرك واط البخارى بالمفهوم الحديث للطاقة وبالعلم الذى يتناولها. وحتى هذا ليس البتة هو كل ما أنساب من بين

(١) قانون بقاء الطاقة أحد قوانين البقاء الأساسية فى الفيزياء الكلاسيكية. وقانون بقاء (س) يعنى أنه مهما كانت (س) فإن المقدار الكلى لـ (س) فى الكون يبقى على الدوام كما هو. وهذا القانون فرضى فهو لا يقول أكثر من أننا لم ننجح حتى الآن، بالرغم من كل ما بذلناه فى تغيير المقدار الكلى لـ (س)، ومع هذا كان أساسًا للعلم الكلاسيكى، فأقر بثلاثة قوانين أساسية للبقاء، هى: بقاء المادة ـ بقاء الكتلة ـ بقاء الطاقة. واستنبطوا منها قوانين بقاء أخرى فرعية، كبقاء كمية الحركة. ولعل بقاء الكتلة أهمها، لأن الكتلة يقاس بها القصور الذاتى ومقدار الجذب وأكده نهائيًا لا فوازييه فى أواخر القرن الثامن عشر، إذ اعتقد أنه اكتشف أن الوزن الكلى للمادة يبقى بلا تغير فى جميع التحولات الكيميائية التى أجراها. ومع مرور الزمن تم قبول مبدأ بقاء المادة كجزء لا يتجزأ من العلم. أما قانون بقاء الطاقة فهو أحدثها، وإن كان نيوتن قد بشر به وقال إنه يحدث بمنتهى الدقة فى الظروف المثالية. غير أن جول J.P. Joule هو الذى أكده حين أثبت أن الطاقة تتحول ولا تفنى ولا تنعدم. وانتهت تجارب جول التى أجراها بين عامى ١٨٤٠ ـ ١٨٥٠ إلى أن الحرارة ليست إلا شكلاً من أشكال الطاقة. وأن الكمية الكلية للطاقة داخل نظام معين ثابتة. وتلخص هذه التجارب قانون بقاء الطاقة المذكور الذى يعد المبدأ الأول لعلم الديناميكا الحرارية. أما المبدأ الثانى فيها فينص على عدم قابلية الظواهر الحرارية للارتداد ذلك أن الحرارة لا تنتقل إلا فى اتجاه واحد من الجسم الأسخن إلى الأبرد، وكان بولتزمان هو الذى اكتشف إمكانية تفسير علم القابلية للارتداد بطريقة إحصائية. فكمية الحرارة فى جسم ما تتحدد حسب طبيعة جزيئاته. وكلما ازداد متوسط سرعة الجزىء، ارتفعت الحرارة. وهذه العبارة لا تشير إلا إلى متوسط سرعة الجزىء، لأن الجزيئات المنفردة قد يكون لها سرعات متباينة تمامًا. وبالتالى يغدو التعامل الفردى مع الجزيئات عبثًا غير مجدٍ. ولما كانت الفيزياء النيوتونية الكلاسيكية تقوم ابستمولوجيتها المنهجية على أساس التعيين الفردى الميكانيكى اليقينى الدقيق، لا الإحصائى، كانت الديناميكا الحرارية من أولى جبهات الخروج على العلم الكلاسيكى، إلى العلم المعاصر علم النسبية والكوانتم. لمزيد من التفاصيل انظر: د. يمنى طريف الخولى العلم والاغتراب والحرية: مقال فى فلسفة العلم من الحتمية إلى اللاحتمية، ص ٣٠٥ وما بعدها «م.س». (المترجمة)

جنبات إنجاز واط فقد طور مبدأ الأداة الحاكمة[١] لينظم سرعة محركاته. وانطوى هذا على أول تطبيق هام «للتغذية الاسترجاعية» "Feed Back"، والتى عن طريقها نجعل الآلات تتحكم فى ذاتها. وقد أحرز جيمس كلارك ماكسويل J.C. Maxwell، بتحليله الرياضى لمسار عمل الأداة الحاكمة لواط، أول تقدم ذى خطورة فى نظرية «التغذية الاسترجاعية»، والتى يعتمد عليها علم السيبرناتيكا، أو علم الماكينات والآلات ذاتية الحركة التى تحكم نفسها بنفسها[٢].

* * *

(١) الأداة الحاكمة أو الحاكم governor، أداة تلحق بالماكينة لضبط الضغط والحرارة أوتوماتيكيًا. (المترجمة)

(٢) أى أن هذه هى البداية لثورة الحاسوب (الكومبيوتر) العظمى. (المترجمة)

الفصل الثالث عشر

التاريخ يسارع الخطى: التطور

ليس تقدم المحرك البخارى محض انتصار باهر لاستخدام العلم من أجل رقى الصناعة، بل وأيضا تقويضا للنظرة الثبوتية القديمة للتاريخ. فالتقدم غير المحدود للقوة إمكانية مستحدثة تماما. لقد طرح علة للتغير يمكن دائما أن يزداد حجمها. وأمكن للتاريخ الشروع فى اتخاذ وجه ديناميكى سريع الحركة. فالثورة الصناعية والمحرك البخارى بينا إمكانية حدوث تغيرات جذرية فى النظام المألوف للأوضاع. وهيأ هذا العلماء لأن يدركوا أمثال تلك التغيرات فى بنية الأرض وفى النبات والحياة الحيوانية، وفى مجمل الطبيعة. لقد أصبح من الممكن اكتشاف نظرية التطور. حتى عصر واط تزايد الانتاج البشرى وتزايد السكان بمعدل بطئ حتى بدا الثبات جوهريا فى الحياة وفى العالم. ونظر اسحق نيوتن، أعظم عالم فى الجيل السابق، إلى الكون وكأنه يشبه ساعة ميكانيكية خلقها الخالق القادر منذ حوالى أربعة آلاف عام مضت ثم سارت بعد ذلك وفقا لنظامها الخاص، وأنفق نيوتن الكثير من وقته ومن عبقريته فى محاولة صب أحداث التاريخ فى قلب هذه الأربعة آلاف عام الوجيزة والتى افترض أن الكون وجد منذها(١).

(١) التوراة وأيضا الاناجيل تنص بوضوح قاطع على أن الله خلق العالم منذ حوالى أربعة آلاف عام، حتى تكاد هذه المسألة أن تدخل فى صلب العقائد اليهودية والمسيحية. فكانت من أسباب الهجوم الدينى العنيف على نظرية التطور التي تنص على تخلق أشكال الحياة الموجودة على سطح الأرض فى أضعاف أضعاف هذه المدة على أية حال

ومن مراكز التقدم المستحدث فى الصناعة والقوة أتت الدفعات التى أدت إلى انطفاء هذه النظرية الثبوتية. وقد بدأ الجيولوجى هطن J. Hutton، وهو صديق لواط، الثورة الجيولوجية عن طريق دليل محكم على الإعتقاد بأن القوى الجيولوجية، المتماثلة من حيث الخصائص مع قوى الوجود، إنما تمارس فعلها عبر مراحل زمانية طويلة جدا. وفسر التغيرات فى سطح الأرض بأنها راجعة إلى الحرارة الداخلية. لقد تصور الأرض على هيئة محرك حرارى مر بسلسة من التحولات امتدت عبر حقب هائلة من الزمان. وأيدالجيولوجى لييل Lyell أفكاره ودعمها.

إما إرازموس داروين Erasmus Darwin ، صديق واط فى بيرمنجهام، فقد أتى فى صدر تقدم القوة البخارية، ليعلن نظرية فى تطور الطبيعة ككل، بما فيها من نبات وحياة حيوانية، وكان واحدا من أهم مؤسسى نمط من التفكير أعاد حفيده تشارلز داروين صياغته بصورة أنجع وطوره وأثبته بطاقة ثورية. ولد إرازموس داروين عام ١٧٣١ فى نوتينجهامشير Nottinghamshire، وأرسل إلى كمبردج ليدرس الطب، وهنالك راح يطور عوائده كسيد من سادة المجتمع الانجليزى الأماجد، ولم يحرز فى الطب إلا تقدما يسيرا، ومن ثم أُرسل إلى أدنبره لكى يستأنف دراساته الطبية، وصلها عام ١٧٥٤، إنه نفس الوقت الذى اخترع فيه جوزيف بلاك التحليل الكيميائى الكمى، فى سياق بحثه عن خواص القلويات. لقد كانت أدنبره فى أوج نشاطها العقلى وشكلت نظرة إرازموس دارون العلمية.

وبدأ عمله كطبيب فى ميدلانذر Midlands، وهاهنا سرعان ما اكتسب زبائن عديدين من سادة البلدة وأقطاب الصناعة الجدد أمثال ويدجوود وبولطن، وقد أسعدهم أن يفيدوا من أفكاره ومن أحكامه العلمية والتقنية، فضلا عن علاجه لأدوائهم.

يقدر عمر الأرض الآن، بل وحتى عمر الإنسان عليها بعشرات الملايين من السنين، وحداث دراسة قدرت عمر الإنسان بمائة وستين مليون عام. (المترجمة).

وفى عام ١٧٦٥ أرسل إلى بولطن تصميما لعربة بخارية تسير بواسطة أسطوانتين. كانت متطورة جدا ولم يتم تنفيذها، لكنه تمتع بخلفية تقنية تمكنه من تقدير قيمة اختراع واط حين قابله لأول مرة بعد ذلك بعامين. ومن أجل ودجوود، اخترع داروين طاحونة هوائية أفقية لطحن الألوان. وأسدى العون فى تصميم القنوات، التى أنشأها ودجوود لنقل المنتجات الصناعية المتزايدة الأحجام . وفى سياق هذا، اخترع المصعد المزدوج لرفع مراكب نقل البضائع فوق التلال، وهى أداة ميكانيكية اتخذت فى ألمانيا على نطاق واسع فيما تلا عام ١٩٣٠. وتزوج روبرت نجل إرازموس دارون من سوزانا ابنة ودجوود، والتى أصبحت أم تشارلز داروين.

ومن بين التخطيطات الهندسية الأخرى التى خلفها إرازموس، لمضخات الدوارة دائمة الفيض، والتوربينات المائية والبخارية. وصمم صورة متقدمة للمرحاض. ووضع تصميما لآلة تتحدث ويمكنها النطق بألفاظ بسيطة. وما يلفت النظر على وجه الخصوص استخدامه لآلة القوة المركزية الطاردة فى الطب. فقد عنّ له أن حالة المجانين يمكن إبراؤها عن طريق تقليل ضغط الدم فى رؤوسهم، فصمم آلة مركزية طاردة كبيرة لجعل المريض ينعطف فجأة عند نهاية ذراع طويلة، مما يجعل الدم ينزف من رأسه. وقد وضع جيمس واط الرسم الهندسى لهذا الجهاز الميكانيكى. والآن أمثال هذه الآلات المركزية الطاردة جزء من جهاز يستخدم لتدريب رواد الفضاء كى يصمدوا لتغيرات الجاذبية فى الصواريخ والأقمار الصناعية.

واهتم إرازموس داروين اهتماما خاصا بعلم الأرصاد الجوية، وفيزياء تكون السحب فى الغلاف الجوى وفى تفسيره لكيفية تكون السحب، أعطى أول بيان ملائم عن التمدد بثبات الحرارة والضغط. وقد لاحظ وجود ما نسميه الآن الجبهات الدافئة والباردة، واقترح قياس اندفاع التيار الشمالى ـ الجنوبى للهواء. عن طريق مقياس للهواء، يتكون من

أسطوانة أفقية تعين الشمال والجنوب وتتضمن دوارة لتعيين اتجاه الريح وتسجيل النتائج. وكان أول من كون أفكارا صحيحة عن بنية الغلاف الجوى؛ وارتأى أن الأجزاء الخارجية القصوى تتكون أساسا من الأيدروجين. وتمسك بأن الشفق ظواهر كهربائية تحدث على ارتفاع يزيد عن خمسة وثلاثين ميلا.

كانت معارفه فائقة الترتيب وقد نظمها بشكل خاص فى قصيدتين علميتين طويلتين، عنواناهما (الحديقة النباتية) و (معبد الطبيعة). أعطى فى القصيدة الأولى تلخيصا للعلم المعاصر له، فى أبيات وحواش نثرية، شارحا إسهامات واط وبريستلى وهطن، ومغزى هذه الإسهامات. ووضع فى قصيدة (معبد الطبيعة) صورة عامة لنظرية فى تطور الإنسان والمجتمع البشرى عن بقع مجهرية تشكلت أول الأمر فى البحار البدائية. والفكرة الحديثة عن أصل الحياة وتطورها تماثل نظريته.

كان الكتاب العظام فى عصر إرازموس داروين على وعى تام بإسهاماته فقد وصفه كولريدج بأنه «أكثر شخصيات أوروبا سعة فى الاطلاع على الأدب» إذ كان مثل وردثورث وشيللى، يدين له دينا عميقا بكثير من الأفكار. وفى مستهل الثورة الصناعية لم يكن ثمة قسمة فاصلة بين العلم والأدب. فقد تنامت هذه القسمة عندما أصبح النظام الاجتماعى الصناعى الحديث أكثر تعقيدا وامتد نطاق تطبيق القسمة فى العمل. فاتجهت هذه الأنشطة الحياتية المختلفة لأن تتحدد بصفة أكثر حسما ولأن تصبح الاختلافات بينها أكثر حدة ومال كل نشاط لأن يستأنف طريقه بوصفه غاية فى حد ذاته. أصبح الكتاب «من أصحاب الأدب» واعتبروا العلم والأعمال التجارية خارج مجالهم. وأصبح رجال الأعمال معنيين أولا وأخيرا بالأرباح، ونظر العلماء إلى الأدب على أنه خارج مجالهم. وبعد وفاة إرازموس دروين عام ١٨٠٢ سرعان ما أصبحت وجهات النظر هذه متعارفا عليها وقائمة على أساس وطيد سلم بها

تسليما الرجال الذين ناهزوا الحلم فى السنوات الأولى من بواكير القرن التاسع عشر، بما فيهم حفيد إرازموس داروين نفسه تشارلز وبدا إرازموس داروين فى عيون الجيل الجديد كهاو محلق، وأحسوا أن مجمل ما أنجزه يجب إعادة إنجازه من جديد على الأسس الاحترافية الملائمة بالنسبة لهم.

وفى عام ١٨٠٩ ولد تشارلز داروين. ورث من خصائص سلالة ودجوود فى عائلته أكثر مما ورث من خصائص سلالة داروين. فكان مثل جوزيا ودجوود شديد المثابرة والنسقية فى البحث، ورجل أعمال بارع. لقد كون تشارلز داروين ثروة تقدر بمائتين وسبعة وأربعين ألفا من الجنيهات، بينما كان جده يتقاضى أتعابا عالية من مرضاه الأثرياء ولكن يعالج عديدا من الفقراء بغير مقابل، فخلف ثروة ضئيلة نسبيا أثارت دهشة تشارلز، وقد بعث والد تشارلز بنجله إلى أدنبره لدراسة الطب. وكان تشارلز قلقا من الوضع المقيت للطب فى تلك الأيام، وأحرز تقدما هزيلا فى دراساته الطبية. فقام والده بنقله وإرساله إلى كمبردج ليدرس دراسات كنسية. وأخفق تشارلز فى هذه الدراسات نفس إخفاقه فى الدراسات الطبية، بيد أنه اكتسب موهبة فائقة فى جمع الخنافس. لقد استبقى عينات نادرة فى فمه ريثما تسنح له الفرصة للاحتفاظ بها. لفتت مهارته فى الجمع الأنظار، ودُعى للذهاب فى رحلات جماعية مخفضة التكاليف بصحبة كبار علماء التاريخ والنبات والحيوان فى الجامعة.

وبعد حصوله على درجة علمية متواضعة راح يقرأ قراءة حرة. ومن بين كتبه كان ثمة سرد همبولت Humboldt لقصة أسفاره فى أمريكا الوسطى وبغتة ألهب هذا العمل خياله. وبمعية هذا قرأ كتاب جون هرشل J.Herschel «دراسة فى الفلسفة الطبيعية»، الذى أعطاه إدراكا واضحا للمنهج العلمى. تفتحت عقليته بهذين الكتابين، وبدا له أنه يمكن أن يصبح عالما، ويفر من الطب والكنيسة. وبعد هذا بفترة قصيرة أخبره واحد من

معلميه فى كمبردج أن الكابتن فيتزروى Fitzroy ينظم رحلة حول العالم ويرغب فى أن يرافقه أحد علماء التاريخ الطبيعى. فهل هو على استعداد للذهاب؟ حار تشارلز، واستشار والده، فكان ضد هذه الفكرة فاستشار جوزيا ودجوود، خاله ونجل الخزاف العظيم، فشدد على نصحه بأن يسافر.

كان تشارلز أنذاك فى الواحدة والعشرين من عمره، وذهب ليرى فيتزروى الذى لم يكن قد تجاوز بعد الخامسة والعشرين. وكان سليلا غير شرعى للملك تشارلز للثانى، وابن أخى كاستلاريه Castlereagh، وقد انتحر مثله فى النهاية. كان فتزروى بحارا ماهرا، له شخصية عنيفة لكن صريحة؛ ومؤمنا متعصبا بالكنسية والعبودية. هدف رحلته هو مسح سواحل أمريكا الشمالية لحساب الحكومة البريطانية، وعاد بمجموعة رائعة من الخرائط الأصلية لخطوط السواحل وللمرافئ. كانت سفينة فيتزروى، البيجل The Beagle، لا تنقل إلا ٢٣٥ طنا(١)، ولها ملاحون لا يقلون عن سبعين، ووسائل المعيشة فيها شحيحة لأقصى الحدود. أقلعت فى نهاية عام ١٨٣١، ونجح تشارلز فى أن يشارك هذا الرجل الفذ فى قمرته سنوات، إذ كان له عظيم الصبر والسيطرة على النفس.

انبهر داروين بباكورة المشاهد التى رآها من النباتات والحيوانات المدارية. لقد فاقت كثيرا كل مادار فى خياله من قبل. واحتفظ بمفكرة يومية دونت بدقة بالغة، وتبدى من الوهلة الأولى انشغاله المسبق والعميق بالمشاكل العلمية وبدلالة ما رآه، كانت عبقريته مفطورة فيه، لكن القدرة الفذة لهذه العبقرية على الدرس النظامى بدا أنها تدين بالكثير لقراءاته المبكرة لجون هرشل عرف منذ البداية كيف يسوس عقله ومادة دراسته. اصطحب معه مجلدات من أبحاث ليل فى الجيولوجيا، وكانت لاتزال

(١) الطن (Ton) هنا مختلف عن الطن العادى (الألف كيلو). فهو وحدة للسعة الحملية فى السفينة تساوى اربعين مترا مكعبا. (المترجمة)

تحت الطبع. فاستثارت إعمال عقله في المشاهد المدهشة للأنذير. وبينما كان هناك خبر بنفسه زلزالا وراقب آثاره الرهيبة وتفكر مليا في القوى التي أحدثته والتي لابد وأن تكون قد أحدثت آثارا مماثلة في الماضي. واهتز بعمق لحضوره بركانا في تيراديل فوجو Tierra del fuego وبالبون الشاسع بين الهمجي البدائي والإنسان الأوروبي. وأيضا تركت الكميات الهائلة من حفريات الحيوانات المنقرضةانطباعا عميقا على داروين.

واخيرا، بعد ثلاث سنوات من العجائب، والتي بدت جميعها شديدة الترويع في مواجهة خلفية بذاكرته عن المشهد الإنجليزي الهادئ، بلغت البيجل جزرجالاباجوس Galapagos، وهي مجموعة من الجزر على خط الاستواء تبعد عن غرب الإكوادور حوالي ثمانمائة ميل. وذكر له حاكم الجزيرة أن السلاحف في الجزر العديدة مختلفة، وأن المرء قد يعرف من مشهد السلحفاة الجزيرة التي أتت منها. وآنذاك وجد داروين أن هذا ينطبق على الطيور بالمثل. وتفكر في مغزى هذه الملاحظات وسرعات ما شكل تصورا مؤداه أن هذه الأنواع الشتى من الحيوانات انحدرت عن أنواع أقل عددا، وجدت طريقها إلى مختلف الجزر ثم تكاثرت، والحالة المنعزلة التي وجدت نفسها فيها جعلت خلفاءها يكتسبون إلى حد ما الخصائص المميزة المختلفة تبعا لقاطنة كل جزيرة على وجه التعيين. لقد كانت هذه أكثر ملاحظة مثمرة وواعدة من بين ما اصطنعه من ملاحظات موحية ضخمة العدد وواسعة النطاق، وكان لها النصيب الأكبر في تحفيزه على تصور نظريته في التطور.

وبعد عودته إلى انجلترا بدأ عام ١٨٣٧ في كتاب جديد، تحت عنوان «أصل الأنواع» (Origin of Species). أودعه تأملات في المادة التي خرج بها من رحلته العظيمة وفي وقائع أخرى بدا لها ثقلها على المسألة. تبدت بجلاء واقعة تطور الكائنات الحية عن أنواع بسيطة إلى أنواع أكثر تعقيدا، ولكنه لم يستطع في البداية أن يتصور أية آلية يمكن أن يحدث

هذا عن طريقها. وفى عام ١٨٣٨ أطلع على كتاب مالتوس Malthus «مقال فى مبدأ السكان»، حيث حاج بأن السكان تتجه إلى التكاثر بمتوالية هندسية، بينما تتزايد موارد الغذاء بمتوالية حسابية فقط ومن ثم شكلت صعوبة الإمداد بالغذاء عامل ضبط يكبح نمو السكان، وأوعز هذا لداروين بأنه فى مثل هذه الظروف لن يبقى على قيد الحياة إلا الكائنات ذات الخصائص النوعية الأصلح، بينما ستباد الكائنات ذات الخصائص الغير صالحة. وفيما بعد أصبحت هذه الآلية توصف بأنها مبدأ الانتخاب الطبيعى، وقد زودته بالحل الذى كان يبحث عنه.

وآنذاك وضع داروين خطة عمل ضخم من أجل طرح دليل كامل ومفصل لنظرية التطور بواسطة الانتخاب الطبيعى وفى عام ١٨٥٨، حين كان قد انشغل بالفعل فى هذا العمل لمدة إحدى وعشرين سنة، تنامى إلى سمعه أن عالم التاريخ الطبيعى ألفرد رسل ولاس قد وصل إلى تصور مماثل على أساس ملاحظاته فى أرخبيل الملايو. ولمزيد من حسن الحظ أقر دارون ووالاس باستقلال عمل كل منهما عن الآخر. وفيما بعد نشرا مقالا صغيرا مشتركا، يطرحان فيه جوهر نظريتيهما. ناقش داروين أصدقاؤه ليقنعوه بنشر ملخص للعمل الذى أعده طوال الإحدى والعشرين سنة الأخيرة. وفعل هذا على وجه السرعة، وقام بنشره عام ١٨٥٩ تحت عنوان: «فى أصل الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعى أو بقاء أصلح الأجناس فى الصراع من أجل الحياة». وهذا العمل الذائع الصيت، الذى يحتل فى تاريخ العلم منزلة تضاهى بالمنزلة التى احتلتها برنكبيا نيوتن، كان مجرد عرض، فى لغة غير فنية يمكن أن يقرأها أى شخص متعلم، عرض لمغزى الكتلة الضخمة من الملاحظات والأفكار التى كدسها طوال الربع قرن السابق.

وكما هو الحال مع نيوتن، لم يكن عمل داروين الرائد المتميز هو عمله العظيم الوحيد فقد كتب سلسلة من المجلدات طبق فيها النظرية الجديدة

على أوجه مختلفة من الطبيعة العضوية. فى كتابه «انحدار الإنسان» «Descent of Man» طبقها على تطور الإنسان، فكان بحق مؤسسا لعلم الانثربولوجى (الإناسة) الحديث. وفعل المثل لعلم النفس فى كتابه «التعبيرات عن العواطف فى الإنسان والحيوان».وفى كتابه «اختلاف الحيوانات والنباتات تحت ظروف التدجين» بدأ فى وضع علم الوراثة أو المورثات (الجينات)، على أسس علمية. وقد نشر كما هائلا من رسائل علمية صغيرة متخصصة فى القشريات البحرية والشعب المرجانية وفى تخصيب النباتات، كى يبين أنه ليس مجرد تأمل، مثلما قال البعض عن جده الموهوب وعن رجال آخرين مبرزين أنهم كانوا مجرد متأملين.

وبعد هذا العرض المهيب للفكر والملاحظة لم يعد ثمة إمكانية لأى شك معقول فى حقيقة عمل مبدأ التطور. ولم يكن من قبيل المصادفة أن هذا إنجاز لواحد من سلالة أولئك الرجال الذين قادوا التطورات التقنية والعلمية للثورة الصناعية.

الفصل الرابع عشر

البحث عن المعادن والدراسة العلمية للأرض

كان المجتمع الأوروبى طوال العصور الوسطى قائما إلى حد كبير على نظام التجمعات المستكفية بذاتها، فالأشياء المجلوبة من الخارج شحيحة، من قبيل الذهب والتوابل التى كانت مطلوبة لإضفاء شىء من المذاق الطيب على الأطعمة المستبقاة لاستعمالهم بأساليب جدباء. كانت هذه الأشياء قليلة المقدار عالية القيمة، وفرت أرباحا باهظة للرحالين الجسورين، وأولئك فى بحثهم عنها قد اكتشفوا طرق المسالك عبر آسيا وحول أفريقيا وإلى أمريكا. وسلك هؤلاء المرتادون الأوائل سلوك قطاع الطرق تجاه الناس ذوى الوسائل الجفولة. فيسلبون ذهبهم بالقوة، إذا ما أمكنهم فعل هذا والإفلات من العقوبة. ومع تزايد السكان وتنامى التجارة فى أوربا إبان القرنين السابع عشر والثامن عشر، أصبحت الأطعمة والمواد الخام مصادر أعظم للثروة. فكان ثمة ربح يجتنى من السكر والتبغ والقطن المتاحة للكثيرين أعلى من الربح المجتنى من الذهب والمجوهرات المتاحة للقلة. وأوعز هذا بتنقيب للأرض أكثر نظامية، بغية اكتشاف الجديد من السلع والمعادن والنباتات والحيوانات والتى عساها أن توفر موارد ناضرة للسكان المتزايدين والصناعات المتنامية.

أما فى بريطانيا فإن سيادة النظرة التجارية التى تلت النهضة البرلمانية قد انعكست فى إقامة الحكومة البريطانية لأول معهد علمى. إنه

المرصد الملكى المقام فى جرينتش عام ١٦٧٥. وكان هذا المرصد من أجل مواصلة البحث فى علم الفلك على وجه التعيين وذلك كوسيلة للارتقاء بالملاحة.

واضطلع الموهوبون من أبناء تجار المدينة بدراسة هذا العلم. وكان إدموند هالى E.Halley فى طليعة الرواد منهم، وقد ولد عام ١٦٥٦. والده صانع صابون ثرى، وامتلك جده العديد من الفنادق والحانات. أجرى هالى تجارب فى المغناطيس حين كان صبيا. واكتشف لنفسه أن مجال المغناطيس الأرضى فى لندن عرضة للتغير. فاشترى له والده آلات فلكية، ودرس الهندسة والفلك. وقبل أن يبلغ عامه العشرين أكمل عمل كوبرنيقوس وكبلر بأن وضع برهانا حاسما على أن الكواكب تتحرك فى أهليلج تقع الشمس فى إحدى بؤرتيه.

وحتى ذلك الوقت كان مجمل علم الفلك قائما على رصودات أجريت فى نصف الكرة الشمالى. وبدا جليا ضرورة رسم خرائط للسماوات الجنوبية بنفس الجودة. واعتزم هالى أن يقوم بمثل هذا المسح. أيد أبوه الفكرة تأييدا مفعما بالحماس. فوهب ولده إيرادا سخيا وضمن له تأييد الحكومة وشركة الهند الشرقية[١]، إذ كانتا معنيتين بالملاحة الآمنة. منحت الشركة هالى مضجعا مجانا بسفينة فى رحلة إلى سانت هيلانه، وأبحر هالى عشية عيد ميلاده العشرين، كى يشاهد السموات الجنوبية وتلك الجزيرة المنعزلة والنائية.

سجل الفلكى الشاب مواقع ثلاثمائة وواحد وأربعين نجما. فشكلت أول بيان مصور (كتالوج) موضوع من المشاهد المقرابية (التلسكوبية). وسجل هالى العديد من الرصودات الأخرى، منها أول عبور كامل للكوكب

---

(١) شركة الهند الشرقية أسستها انجلترا لتتعهد بالتجارة مع الهند. وكما هو معروف كانت هذه الشركة المقدمة المباشرة لاحتلال انجلترا للهند. (المترجمة)

عطارد عبر قرص الشمس. وتأدى به هذا إلى تعيين أن رصودات عبور الزهرة ستوفر أدق منهج معروف آنذاك لحساب بعد الشمس عن الأرض الذى يعد من الوحدات الأساسية فى علم الفلك.

وفى أعقاب هذا أمضى عامين يرتحل فى أوروبا ويتباحث مع أئمة الفلكيين. وفضلا عن إكمال رصد السموات استهدف إنجاز المثل للمغناطيسية الأرضية حتى يمكن وصفها تفصيلا وبدقة لخير نوتية العالم. وفى إنجازه لهذا قام بتخطيط نظرية عن أصل المغناطيسية الأرضية، تماثل فى خصائصها النظرية المقبولة فى عصرنا هذا، واخترع نظاما من الرموز لتناول كتل الوقائع الإحصائية، لا تزال هى الأخرى رهن الاستعمال. وفى غضون هذه الأبحاث، تأدى به الأمر إلى دراسة فيزياء الأرض ككل، أو الجيوفيزياء، وهذا العلم تواصل دراسته الآن وعلى نطاق عالمى منظمات من قبيل «الحولية الجيوفيزيقية الدولية International Geophysicalyear».

وبوصفه فى طليعة مريدى نيوتن، قام بتطبيق النظرية الجديدة للجاذبية على حساب مسارات المذنبات. وتنبأ بأن مذنب عام ١٦٨٢ اللافت سيعاود الظهور حوالى عام ١٧٥٨. وأصبح هذا المذنب معروفا باسم «مذنب هالى»، وطرح أول برهان خطير عن طريق التنبؤ لنظرية الجاذبية.

والإحصاءات التى استلزمتها حسابات هالى جعلته يخترع مناهج رياضية منقحة لتناول علم الإحصاء. وطبق هذه المناهج على الإحصاءات الحيوية للمواليد والوفيات، من أجل دحض العلاقة بين النجوم والحياة البشرية، ومن ثم تقويض نفوذ علم التنجيم. وكنتيجة لهذا البحث، أسس النظرية الرياضية للتأمين على الحياة.

وفى عام ١٦٩٨ أرسلته الحكومة البريطانية فى بعثة جديدة ليعاين اتجاه البوصلة المغناطيسية عبر المحيط الأطلنطى لصالح الملاحة. لم يكن

بحارا محترفا، ولكنه أبحر بمركبته إلى حدود انتاركتيكا، حيث حط على جزر كبرى من الجليد، ونجح فى العودة إلى الوطن بأمان، مزودا بمجموعة مكثفة من المعطيات من أجل رسم خريطة لمغناطيسية العالم.

أنجز هالى العديد من الإسهامات الأخرى(١). وتعلم لاجرانج La-grange من أعماله كيف يطور المنهج الحديث لتطبيق الرياضيات على المشاكل الفيزيائية. ثم أعلن، وهو فى الثانية والستين من عمره. أن نجوما معينة من النجوم الثابتة لابد وأن تكون قد تحركت عن موضعها فى العصور الغابرة. وأومأ هذا إلى أن عالم النجوم كان يغير من شكله ويخضع لعملية ما للتطور. وذلك هو مستهل الكوزمولوجيا الحديثة.

قضى هالى نحبه عام ١٧٤٢، عن عمر يناهز السادسة والثمانين. وظهر مذنبه فى حينه بعد هذا بحوالى ستة عشر عاما، مانحاً إياه صيتا

(١) من أهمها ترجمته عن العربية ـ لكتاب هام جدا، هو «القطوع المخروطية» لأبلونيوس، الذى يعد بمجلداته الثمانية من الخطوات الجوهرية فى تاريخ الرياضيات. فكتاب اقليدس الأعظم «أصول الهندسة» اقتصر على الهندسة المستوية، ولم يتعرض لهندسة المجسمات. وهذا ما عمل على التعرض له اللاحقون لأقليدس من علماء الهندسة القدامى، أمثال هيبسكليس السكندرى Hypsicres وأريستايوس وسواهما. يتقدمهم جميعا ابلونيوس بكتابه المذكور الذى يعد الإكمال الحقيقى الناضج للهندسة الإقليدية بما ينقصها من هندسة للمجسمات ضرورية لعلم الفلك على الخصوص فقد اعتمد كبلر فى برهنة قوانينه على هندسة المجسمات ونظريات ابلونيوس..

وحين تألقت الحضارة العربية، وإبان عصر الترجمة الذهبى الذى شهدته تحت رعاية المأمون، وفى قلبها النابض آنذاك بغداد، توالت كوكبة من ألمع الرياضيين أمثال بنى موسى وثابت بن قرة على ترجمة كتاب أبولونيوس، وتنقيح هذه الترجمة، فضلا عن دراسات جمة عنها، وقد وضعوه تحت اسم «المخروطات».

وقد ضاعت أصول الكتاب. ولم يبق للبشرية إلا الترجمة العربية (المخروطات). وعالمنا إدموند هالى هو الذى قام بترجمة الكتاب من العربية إلى اللاتينية عام ١٧٠٢. راجع الجزءين الرابع والخامس من المقدمة التى وضعناها للترجمة فى كتابنا: «فى الرياضيات وفلسفتها عند العرب» دار الثقافة، القاهرة، ١٩٩٤. ص٢٣:٣١.

هكذا يتكشف لنا عمق وجدية اضطلاع هالى بالمهام العلمية. ليس فقط لأهمية الكتاب المذكورة بالنسبة لعلم الفلك، ولكن أيضا من إتقانه اللغة العربية التى كانت اللغة العلمية طوال عصر النهضة، وملاحقته لدرة من درر التراث الإسلامى الذى كان اساسا من اسس تلك النهضة.

(المترجمة)

طبق الخافقين فى ذكراه. تنبه العلماء لاقتراحه بأن عبور الزهرة، المتنبأ به حوالى عام ١٧٦٨، لابد من رصده بعناية، من أجل قياس بعد الشمس. فتقدموا باقتراح للحكومة كى تدعم بعثة إلى تاهيتى فى المحيط الهادى، لإجراء الرصودات. صدقت الحكومة على الاقتراح، وزودتهم بسفينة وطاقم من الملاحين. وعينوا السيد جيمس كوك J.Cook قبطانا، وهو بحار شديد الاقتدار، أت من ويتبى Whitby وكان ابنا لعامل زراعة من يوركشاير.

لم يكن كوك حينذاك ضابطا يحمل رتبة، ومن ثَم لم يتمتع بالتوقير كسيد من سادة المجتمع. وقد اكتسب صيتا بأن اصطنع خرائط دقيقة بصورة مبهرة لنهر سانت لورانس ذلك فى مواجهة الأعداء، لتسيير الغزوة التى قام بها الأسطول البريطانى والتى أدت إلى الاستيلاء على إقليم كيوبيك Quebec وفتح كندا. وقد كان التقابل بين كوك وبين المستكشفين العظام فى المراحل الأسبق من أمثال دريك Drake ورالى Raleigh لافتا للأنظار. فهم ينتمون لنظامين اجتماعيين مختلفين، لهما أهداف ومفاهيم ومناهج مختلفة. فكان كوك على طابع الفروسية والقرصنة. إنه يماثلهما فى الجسارة ولكن بأسلوب مختلف. فلم يكن يحارب ما لم يكن من ذلك بد، بيد أنه أنجز فى فن الملاحة أعمالا بطولية فذة تكاد لا تصدق. إذ قاد سفينة لما يزيد عن ألف ميل خلال مجاهيل حيد[(١)] التخوم البحرى الكبير Creat Barrier Reef بعيدا عن يابسة الشاطئ الشرقى لاستراليا، وذلك عن طريق سبر مستمر لأعماق الماء بالحبل والرصاص[(٢)]، فكان يشق طريقه بحذر خلال الحيود المرجانية وهو قاب قوسين أو أدنى من غرق السفينة وتحطمها ومن الهلاك.

(١) الحيد البحرى Reef سلسلة صخور قرب سطح الماء. والحيد المرجانى سلسلة كتل من الشعب المرجانية ايضا قرب سطح الماء (الجمع: حيود) (المترجمة)

(٢) اى ان تشد قطعة رصاص إلى حبل يدلى فى الأعماق المراد سبرها، فيكشف الجزء المغمور من الحبل عن مقدار العمق. إنه نفس طريقة الرجاس المذكور فى الهامش الثانى من الفصل السابع. (المترجمة)

أبحر كوك فى مبدأ الأمر كصبى من صبية إحدى مراكب ويتبى التى تسير بالفحم، وقد اختار لرحلته واحدة من تلك السفن الخشنة لكن القادرة على مواجهة العواصف البحرية، ووضع لها اسما جديدا هو «الإنديفور Endeavour» (المغامر). وصاحبه طاقم علمى ليقوم من تاهيتى بالرصودات الفلكية لعبور الزهرة، ولحق بالمحفلة مالك الأراضى الثرى من مقاطعة لينكولنشاير والعالم الطبيعى جوزيف بانكز J.Bank، وكان حينذاك فى الخامسة والعشرين من عمره، وذهب على نفقته الخاصة مصطحبا معه تسعة مساعدين ومجموعة وافرة من التجهيزات العلمية. وذلك لوضع مجموعات نظامية من النباتات والحيوانات والمعادن ولجمع المعلومات عن الشعوب فى مختلف الأراضى التى زاروها.

وصلت الأنديفور إلى تاهيتى فى أبريل من عام ١٧٠٩، ورصد الفلكيون عبور الزهرة. وفى نفس الوقت كان بانكز ومساعدوه منشغلين فى إجراء معاينات علماء الطبيعة ودراسة الشعوب فى البلدان التى مروا بموانئها إبان رحلتهم البحرية. وأبحر كوك بالمراكب الشراعية إلى نيوزيلندا، ولاحظ بانكز أنه يمكن هاهنا زراعة المحاصيل الأوربية. ومن نيوزيلنده شرع كوك فى استكشاف سواحل استراليا. ووجد بانكز فى أحد الأمكنة العديد الجم من النباتات الجديدة حتى أنه أطلق على ذلك المكان اسم خليج النباتات. وبعد عامين أبحر كوك بسفينته عائدا بأمان إلى أرض الوطن، وقد أنجزت مهمته إنجازا كاملا. إذ شوهد عبور الزهرة، وأجرى هو نفسه مالا حصر له من المسوحات شديدة التدقيق والتفصيل للسواحل المجهولة. وعاد بانكز بثمانيمائة نوع جديد من النباتات، وقد استوفى إمكانية استعمار نيوزيلندا واستراليا.

لم يكن الملك جورج الثالث إلا واحدا من فيالق بهرتهم قصة هذه الرحلة. استقبل كوك وبانكز. وكان هو نفسه مزارعا ومربى مواش، ووجد نفسه مطمئنا إلى بانكز، وجعله عام ١٧٧٨ رئيسا للجمعية الملكية. بقى

بانكز فى هذا المنصب اثنين وأربعين عاما، يقود عالم العلم البريطانى بسياسة محكمة ومثمرة متفقة مع احتياجات العصر التجارى، والذى كان قد بلغ تمام ذورته وبدأ يسوده التصنيع. قال بانكز إن رحلته مع كوك أول رحلة علمية مخصصة للاكتشاف، وهى رائدة الرحلات العلمية التى يجرى الآن تنظيمها بصورة مطردة لاكتشاف مكونات وعمليات الأرض بأسرها.

وبفضل تأثير بانكز، قام جورج الثالث بتأسيس حدائق الكو Kew Gardens فأصبحت مركز المعلومات وتبادل النباتات فى الامبراطورية البريطانية. ويعود إليه الفضل فى استقدام نبات الشاى من الصين إلى الهند وسيلان. وأرسل القبطان بليه Bligh فى رحلة السفينة بونتى الشهيرة، وكان الغرض منها استقدام زراعة أشجار ثمرة الخبز[1] من تاهيتى إلى جزر الهند الغربية. وترك تسخير بانكز للعلم فى بناء الأمبراطورية تأثيره على نابليون، فكان على استعداد للانصات إلى شفاعات من بانكز بأن العلماء من كلا الجانبين لن يستجيبوا لتحرشات المقاتلين فى الحرب بين الإنجليز والفرنسيين.

وأصبح بانكز، بوصفه رئيسا للجمعية الملكية ومن خلال سلطته الشخصية، مستشارا للدولة فى العلم. فكان يعين الأشخاص فى اللجان العلمية للحكومة.

إن إسحق نيوتن وجوزيف بانكز هما أعظم رئيسين للجمعية الملكية فى العصر التجارى؛ نيوتن هو الأبرز فى تكييف الفلك والرياضيات لاحتياجات العصر، وبانكز فى تكييف التاريخ الطبيعى وعلم الأحياء الوصفى.

(١) أشجار ثمرة الخبز bread - fruit trees هى أشجار استوائية طويلة، من فصيلة الخبزيات التى تنتمى إلى أشجار عائلة التوت. وهى تنتج ثمارا كبيرة لابذور لها، تشتمل على لب نشوى يماثل فى لونه ونسيجه الخبز. (المترجمة)

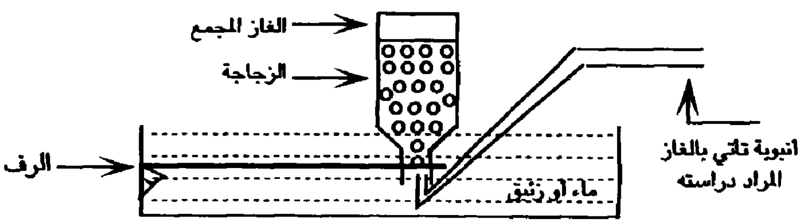
على أن المتطلبات المتزايدة والملحة لحركة التصنيع فى المرحلة الأخيرة من رئاسة بانكز، فى بدايات القرن التاسع عشر، قد استدعت سياسة جديدة للعلم. وتأتت من رجال ينتمون للعصر التالى، وقد ألهمتهم بها الصناعات التى كانوا هم أنفسهم على اتصال مباشر بها، وبصورة أوهى التجارة عبر البحار والاستكشاف. اهتم رجال العصر التجارى بالمواد، من حيث هى وسائط للتجارة، سواء أكانت هذه المواد بضائع مصقولة الصنع من قبيل الأقمشة القطنية من الهند أو كانت منتجات خاما من قبيل أشجار الأخشاب من روسيا. لقد نقبوا العالم بحثا عن الأشياء التى كانوا يستطيعون الاتجار فيها. أما الصناعيون فكانوا أكثر اهتماما بخصائص المواد والعمليات التى يمكن عن طريقهاتحويل المواد إلى منتجات مرغوبة أكثر. على هذا النحو كان اهتمامهم منصبا على خصائص المادة، وكيف يمكن تحويلها، أى كان اهتمامهم بالفيزياء والكيمياء، بدلا من التاريخ الطبيعى والكشوف التى عساهم أن يجدوا عن طريقها مواد التجارة جاهزة فى مكان ما ناء على ظهر الأرض.

وعلى وجه التعيين طولب العلماء فى جلاسكو بالتوصل إلى نوع من المعلومات العلمية يعوز رجال الصناعة. فشرعوا فى تصور الكيمياء والفيزياء فى حدود الأفكار الصناعية. واهتموا اهتماما بارزا فى عملياتهم الصناعية بالخواص المستديمة للمواد. فاعتبروا السوائل والغازات كموائع مستديمة، والمواد الصلبة كسوائل مستديمة التجمد. ومنذ بداية الثورة الصناعية، حوالى عام ١٧٥٠، أصبح الكيميائيون والفيزيائيون ولفترة من الزمن أقل اهتماما بالنظريات الذرية للمادة. فلم تكن هذه النظريات قد تطورت بعد بما يكفى لإلقاء مزيد من الضوء على العمليات الكيميائية. إنها نظريات لم تنتعش إلا حين أصبح ثمت حقائق كيمائية وفيزيائية تكفى لأن تزودنا بأساس ملائم لها.

وكــان جــوزيف بريســتلى[1] J.Priestley (١٧٣٣ - ١٨٠٤) مــبــرزا فى اكتشاف حقائق كيميائية جديدة ذات خاصة كمية. إنه ابن لصانع ملابس ونساج من بوركشير، كان قد اتخذ نحو الكيمياء التجريبية توجهات رب صنعة من هذا القبيل. مارس العمل فى منزله الخاص، فكان يجرى تجاربه فى المطبخ ويقوم بتسخين جهازه على موقد المطبخ. فطور منهج تناول الغازات فى أكواب مقلوبة فوق أحواض الماء[2]. ومن ثم واصل بريستلى التجارب فى مطبخ الحديقة، واستنبت غصينات النعناع فى قوارير. تأدى به هذا إلى الاكتشاف العظيم لكون النباتات لها فى الليل القدرة على أن تعيد للهواء المستهلك قدرته على إقامة الحياة. وقبل أن يشرع فى أبحاثه، كان الكيميائيون لديهم إدراك واضح عن ثلاثة غازات فقط، هى الهواء وثانى أكسيد الكربون والإيدروجين. فاكتشف بريستلى عشرة غازات جديدة، من بينها الأكسجين. واعتمد على خبرته العائلية فى تقصى آثار الغازات على الكائنات العضوية. فاستخدم الفئران، التى كان كوخه يعج بها، محتفظا بها فى أقفاص صممت من الناحية الصحية فى مكان خلف مدخنة المطبخ، حيث كانت درجة الحرارة حوالى سبعين درجة فهرنهيت على مدار العام، لأن النار ما كانت تترك لتخمد أبدا.

(١) جمع بريستلى بين العلم واللاهوت، فكان قسيسا نصرانيا من طائفة الموحدين unitarianism، التى تنكر عقيدة التثليث. وهذه آراء غير سائدة، نشرها فى كتاباته الفلسفية واللاهوتية والساسية، فلاقى بغضا، زاد بانتصاره للثورة الفرنسية. فاحرقت الغوغاء بيته، وهرب هو من انجلترا إلى أمريكا - فى نفس العام الذى شهد إعدام لافوازييه. (المترجمة).

(٢) هذا المنهج خطوة جوهرية فى تاريخ العلم، إذ أدى إلى قهر الصعاب التى كانت تحول بين الكيميائيين وبين التجريب على الغازات. ويقوم كالآتى:



إن المناهج الكمية التحليلية التى طورها بلاك والمجموعة الباهرة من الحقائق الكيميائية الجديدة التى اكتشفها بريستلى قد استغلها انطوان لوران لافوازييه A.L.Lavoisier (١٧٤٣ - ١٧٩٤) لتفجير ثورة فى علم الكيمياء وإقامته على أساس حديث.

والكيميائى الفرنسى العظيم أساسا مسئول تنظيمى ومدير، ميال للدرس والتفكير. فلا هو أستاذ كبلاك ولا هو رب صنعة كبريستلى. وأصبح من الرؤساء العموميين لضرائب الفلاحين فى فرنسا. وأولئك كانوا صيارفة من نوع خاص، تكفلوا فى العهد الملكى البائد بأن يدفعوا للحكومة مبلغا متفقا عليه مقابل الحق فى جمع الضرائب. والغالبية العظمى منهم استغلت المنصب لتبتز ثروات خاصة من دوافع الضرائب، فقوبلوا كطبقة بكراهية عنيفة. وكانت أنشطتهم أحد الأسباب المباشرة للثورة الفرنسية. لم يكن لافوازييه واحدا من جباة ضرائب الفلاحين المعدومى الضمير. كان كفئا فى الجباية ومتعقلا فى إيراداته الخاصة لكن نال نصيبه من ازدراء الطبقة. وثمة صلابة فى شخصيته جعلته عزوفا عن التنازل عن أى شىء. وتبدى هذا فى علامات استفهام حول الأسبقية فى الكشف. وفى مناسبات عديدة، إن لم يكن يدعى بالفعل ملكية اكتشافات لرجال آخرين، فإنه لا يعترض بجدية حين تعزى إليه.

أصبح إداريا صناعيا مبرزا. وعين مدير مصنع فرنسى لصنع البارود. فأدخل تحسينات على القوة الانفجارية للبارود وضاعف انتاجية المصنع لما يقرب من خمسة أضعاف. وكانت التحسينات التى أدخلها

تملأ الزجاجة من نفس السائل الذى يملأ الحوض، وذلك بتغطيسها فيه. هكذا نضمن الا يكون لها أى شىء سوى الماء أو الزئبق. ثم تقلب الزجاجة فتكون راسها إلى أسفل، وتسند فى موضعها من الرف. ثم يؤتى بالغاز المراد دراسته، فيصعد إلى الزجاجة فقاقيع فيزيح ما بها من سائل. وتتجمع كمية الغاز فى صورة تهيئ تماما لدراسته.

راجع: جيمس كونانت، مواقف حاسمة فى تاريخ العلم، ٢ص٢٥٠ ، ٢٥١. (المترجمة)

أحد أسباب الانتصارات اللاحقة لجيوش الثورة الفرنسية. لقد كانت انجازات لافوازييه وثيقة الصلة بعمله فى التصنيع الحربى، إذ كان قادرا على استخدام موارد الترسانة للقيام بتجاربه. فكانت كيمياء المتفجرات ملائمة تماما لتركيز انتباهه على طبيعة الاحتراق.

كان لافوازييه ليبراليا فى منظوره السياسى وتعاطف مع الأهداف الأصلية للثورة. وعلى أية حال، أدخله الجمهور فى هوية جباة ضرائب الفلاحين المكروهين، مما أدى إلى إعدامه. أما القصة القائلة إن رئيس المحكمة التى حاكمته قال: «إن الثورة فى غير حاجة إلى دارسين» فقصة غير حقيقية[١].

ومع أواسط القرن الثامن عشر أدى الاهتمام المستحدث بالمواد إلى كشف ومعرفة العديد من المواد الجديدة، الجامدة والسائلة والغازية. وتم إدراك الفوارق بين مختلف الأملاح القلوية، وتمييز الصودا عن البوتاس، والقلويات عن التراب القلوى، مثل الكالسيوم والماغنسيوم.وبحث بلاك فى المغنيسيا، الذى بدأ من النظر فى آثارها حين استخدامها كعلاج، قاده إلى تعيين الغاز الذى سمى فيما بعد ثانى أكسيد الكربون. لقد اسماه بلاك «الهواء الثابت»، وتصوره على أنه نوع متحول من الهواء العادى. إذ كان الكيميائيون لازالوا يفسرون المواد فى حدود «العناصر الأربعة» المأخوذة من العصور الغابرة: التراب والهواء والنار والماء. ونظروا إلى الغازات بصفة عامة على أنها متغيرات الهواء العادى، والذى افترضوا أنه الصورة العنصرية للغاز. وكان تعيين بلاك لهوية «الهواء الثابت» ذا أهمية فائقة، لأن ثانى أكسيد الكربون له دور شديد الاتساع فى الطبيعة،

(١) وثمة رواية أخرى تقول إن إعدام لافوازييه كان بسبب وشاية، أوشى بها زميل عالم له كان غادرا ووصوليا، هو انطوان فرانسوا دى فوركروى A.F.De Fourcroy (١٧٥٥ ـ ١٨٠٩) كان طبيبا محترفا ثم اهتم بالكيمياء. واتصل بلافوازييه فى بعض بحوثه. ولما جاءت الثورة أوشى بوشايته تزلفا بها، فاختير نائبا عن باريس فى المؤتمر القومى، وبعد ذلك عينه نابليون فى مجلس الدولة. (المرجع السابق، ص٢٣٦). (المترجمة)

وذلك لأنه ناتج الاحتراق والتخمر والتنفس. لقد أدرك بلاك هذه التضمينات الطبيعية والصناعية والحيوية.

وفى نفس هذه الفترة كانت المعرفة بالمعادن تتزايد كثيرا. عرف الزنك على أنه مادة من نوع خاص، وكذلك الكوبالت والنيكل ومعدن البزموت. وفى أواسط القرن الثامن عشر جلب البلاتين من أمريكا. واكتسب أهمية عظمى بفضل مقاومته للحرارة وخصائصه الحفزية.

لقد أدى فيض الحقائق الجديدة إلى بلبال عقلى. والنظريات التى افترضت أصلا من أجل تفسير بضع حقائق أصبحت متناقضة، وانهارت حين تطبيقها على العديد من كوثر الحقائق الجديدة.

كانت الظاهرة الكيميائية الحاسمة فى مطلع الحقبة الصناعية هى الاحتراق، والتغيرات الكيميائية فى المواد التى تحدث بفعل الحرارة. وأضفى الدكتور والكيميائى الالمانى ج.إ.شتال(١) على ذلك البلبال شيئا من النظام عن طريق تقديم نظريته فى الفلوجستون. وهذا المصطلح مشتق من كلمة إغريقية تعنى وضع الأشياء على النار، وقد طبقه شتال على كيان لا وزن له، كان من المفترض أنه يجعل المواد التى تحتويه تشتعل بسهولة. والتغيرات التى تحدث حين تشتعل المواد عُزيت إلى خروج الفلوجستون منها. وبافتراض وجود مثل ذلك الكيان، أمكن استخدامه لاعطاء تفسير متسق لمدى واسع من الظواهر. وكان المفهوم صورة مستحدثة من الفكرة العتيقة عن عنصر النار. وتصور كيان بلا وزن بدا معقولا، طالما أن الحرارة لا يبدو لها وزن، وهى مع هذا ذات فعالية عظمى.

واكتشاف بلاك لثانى أكسيد الكربون الذى يختلف اختلافا جوهريا عن الهواء العادى تلاه تعيين هنرى كافنديش H.Cavendish لهوية

(١) كان شتال طبيبا، درس الطب فى جامعة يينا، وعمل طبيبا فى بلاط دوق فايمار، ثم الطبيب الخاص لملك بروسيا، وصار أستاذ الطب فى زمانه. لكنه اشتهر بنظريته الكيميائية فى الفلوجستون. (المترجمة)

الإيدروجين عام ١٧٦٥، واكتشاف بريستلى للأوكسجين عام ١٧٧٤، وهذا جعل الفكرة القديمة عن الهواء العادى بوصفه أحد العناصر فكرة يصعب استصوابها.

واكتشف بريستلى أن الهواء العادى يحتوى على مكون يدعم الاحتراق بصورة أقوى مما يفعل الهواء العادى ذاته، ونجح فى إنتاج هذه المادة عن طريق تسخين أكسيد الزئبق الأحمر، وتبيان أن اللهب يشتعل فيه اشتعالا أكثر اتقادا منه فى الهواء العادى، وفسر المادة الجديدة على أنها هواء عادى فقد فلوجستونه، وسماها «الهواء عديم الفلوجستون de-philogisticated». ثم بين كافنديش إمكانية الحصول على الماء بأن يتفجر معا مقداران من «هوائه الغير قابل للاشتعال» بالاضافة إلى مقدار من هواء بريستلى «العديم الفلوجستون».

طرحت نظرية الفلوجستون تفسيرا معقولا جدا لأغلب هاتيك التجارب لكن كان ثمة استثناءات، إذ شرع لافوازييه فى دراسة ظاهرة الاحتراق، حوالى عام ١٧٧١، حينما كان فى الثامنة والعشرين من عمره. وسرعان ما صاغ الرأى القائل إن المادة حين تحترق فى الهواء تمتص جزءا منه، لقد أعاد إجراء التجارب الرئيسية التى أجريت من قبل، وأكد الملاحظة العتيقة، المعروفة منذ عهد جالينوس (١٣٠ - ٢٠٠م)، بأن مواد معينة يزيد وزنها حين تسخينها فى الهواء. وهذا مالاحظه مجربون شتى عبر القرون، غير أن لافوازييه طبق على تجاربه الطرائق الفنية الكمية التحليلية بواسطة الوزن، والتى كان قد ابتدعها بلاك فى تجاربه على القلويات، وأكمل تجاربه حتى حصل على نفس الأرقام فى زيادات الوزن حين الاحتراق.

لم يكتشف لافوازييه أية مواد جديدة ولا أية ظواهر جديدة، فقد كان هدفه مختلفا، وهو أن يجرى تجارب يمكنها تحديد ما يحدث فى ظواهر معروفة، لكى يفصل القول فيما إذا كان تفسير أو آخر لها صائبا. هذا ما أسماه بيكون التجارب الحاسمة، لأنها تفصل القول حول ما إذا كانت نظرية ما غير

صائبة. لقد استحضر لافوازييه فى قلب الكيمياء الروح النقدية التنظيمية التى مارسها بمثل ذلك النجاح العظيم فى جباية الضرائب، وفى إدارة مصنع البارود. اختلف منظوره عن بريستلى وكافنديش، اللذين كانا أكثر اهتماما باكتشاف حقائق جديدة ونظريات جديدة.

أثبت بلاك أن كمية «الهواء الثابت» أو ثانى أكسيد الكربون التى يمتصها الكلس مساوية تماما لوزن «الهواء الثابت» الذى يمكن استخراجه من الكربونات الناتجة عن طريق التسخين، وقد فسر هذا بغير الالتجاء إلى الفلوجستون، واتبع لافوازييه هذا الطريق بإثبات أن معدنا حين يتم تسخينه فى كتلة مغلقة من الهواء فإن الزيادة فى وزن المعدن مساوية تماما للفاقد فى وزن الهواء المطوق. كانت تجربته مماثلة لتجربة بلاك، وبدا له أنها هى الأخرى لابد وأن تكون قابلة للتفسير بغير الالتجاء إلى الفلوجستون، افترض فى البداية أن الجزء الذى امتصه المعدن من الهواء أيضا «هواء بلاك الثابت». ولم يدرك أنه الاكسجين حتى بعد أن أخبره بريستلى، فى زيارة لباريس، عن اكتشافه لما أسماه بالهواء عديم الفلوجستون، الذى يجعل لهبا يشتعل بصورة أكثر اتقادا من اشتعاله فى الهواء العادى.

وآنذاك بدأ لافوازييه يعى أن الزيادة فى وزن معدن حين تسخينه فى الهواء راجعة إلى الاتحاد بجزء من الهواء يختلف اختلافا جوهريا عن بقية الأجزاء. إنه غاز بريستلى الجديد، والذى لم يكن هواء بغير فلوجستون كما اعتقد بريستلى، بل كان مادة أخرى، فى البداية أطلق عليه لافوازييه اسم «الهواء الحيوى»، وفيما بعد اسماه الاوكسجين، لأن المحلولات المائية لمركباته مع المعادن كانت حمضية، وأدرك أن «هواء كافنديش الغير قابل للاشتعال» هو الآخر مادة من نوع معين، أو عنصر. ووضع له اسما جديدا هو الإيدروجين «تعنى تشكل الماء». لقد كان لافوازييه أول من استخدم بصورة فعالة مصطلح «عنصر» بالمغزى

الكيميائى الحديث. وشرع فى إعادة تقرير التفاعلات الكيميائية المألوفة فى مصطلحات الأكسجين والإيدروجين، وبغير استخدام مفهوم الفلوجستون، الذى أصبح نافلة.

ونشر عام ١٧٨٩ كتابه «مقال أولى فى الكيمياء»، حيث أعيدت صياغة المادة العلمية من هذا المنظور، وقام بتعداد ثلاث وثلاثين مادة، على قدر استطاعة المعرفة المعاصرة آنذاك، بدت أنها عناصر. وتم التعبير عن التفاعلات الكيميائية فى مصطلحات كمية على غرار طريقة بلاك وهذا الرد للمادة العلمية إلى مصطلحات كمية وجه الانتباه إلى العلاقات العددية بين المقادير الدقيقة التى تتحد بها العناصر المختلفة مع بعضها، وبينت دراسة جون دالتون J.Dalton (١٧٦٦ - ١٨٤٤) لهذه العلاقات أنه يمكن تفسير سمات كثيرة لها بافتراض أن العناصر مكونة من ذرات، وسائر الذرات فى أى عنصر معين متطابقة الخصائص.

كان بلاك وبريستلى على وجه الخصوص وكافنديش يعملون فرادى، وكان لبريستلى روح رب الصنعة العبقرى، ولكافنديش روح الهاوى الموهوب، بيد أن لافوازييه أضاف إلى قدرته التجريبية عقلية فلسفية، مكنته من استقدام النظام فى قلب الكيمياء الجديدة.

وفى حياته القصيرة نسبيا ذات الواحد والخمسين عاما، أنجز الكثير الجم فضلا عن الثورة فى النظرية الكيميائية، فبرفقة عالم الرياضة العظيم لابلاس، أجرى أبحاثا كمية باهرة فى التنفس واستغل روبرت فلتن R.Fulton هذه الأبحاث فى أولى غوصاته تحت الماء بغواصته ناوتيلس Nautilus عام ١٨٠٠، واستحثت هذه الأبحاث دكتور الطب الألمانى ج.ر. ماير J.R.Mayer، مما تأدى به إلى أول صياغة منشورة

لنظرية حفظ أو بقاء الطاقة. إن دراسة لافوازييه المنهجية لكيمياء النبات والمواد الحيوانية، التى أجراها بنفسه وأجراها زملاؤه، ألقت أسس الكيمياء العضوية، وقبل أن يسلم الروح قام بتخطيط برنامج للبحث فى كيمياء الهضم. فيحتل لافوازييه فى الكيمياء موقعا يضاهى موقع نيوتن فى الفيزياء وموقع دارون فى علم الحياة.

التفاعل بين الصناعة والزراعة والعلم

حينما غزا النورمانديون انجلترا عام ١٦٠٦ لاقوا وجود نظام للزراعة يميز حياة اجتماعية بسيطة ويتمتع باكتفاء ذاتى، ولم يحدث النورمانديون تغييرا ذا بال على هذا النظام، والذى ظل فى جوهره كما هو حتى مجئ القرن السادس عشر، فحتى ذلك الحين كان يدار أساسا من أجل إقامة أود ممارسيه. والآن بدأ يدار من أجل الربح.

ولما كان كل فلاح يزرع عدة قطع من الأراضى فى أرجاء المقاطعة، فإنه كان يقضى وقتا طويلا فى قطع الطريق من قطعة أرض إلى أخرى، وعادة ما كانت كل قطعة صغيرة بحيث يصعب حمايتها بالأسيجة، وكثيرا ما كان الهواء يسوق المحاصيل من قطعة أرض إلى أخرى فتتشابك المحاصيل وتختلط معا، ولما كان جزءا شاسعا من قطع الأراضى يترك مراحا[1] ليسترد عافيته بعد عناء إنبات محصول، فإن الأعشاب الضارة كانت تزدهر فيها وتبتلى القطع المزروعة بكثرة من بذور تلك الأعشاب الضارة، وأصبحت شبكة المصارف الشاملة تقريبا فى حكم الاستحالة، باستثناء ظروف معينة، كما هو فى حالة المستنقعات، وذلك بسبب الأحجام الصغيرة لقطع الأراضى وتوزيعها العشوائى. وظل الصرف مهمة عسيرة حتى شهد القرن التاسع عشر اختراع أنبوب التصريف

(١) الأرض المراحة ارض تحرث ثم تترك موسما كاملا بغير زرع، رغبة في إراحتها. (المترجمة ـ عن قاموس المورد).

وانتاجه صناعيا، وشهد القرن العشرون اختراع محرك ـ الدفع الخفيف لماكينات الصرف وانتاجه صناعيا.

وكانت الزراعة من أجل الربح، شأنها فى هذا شأن أشغال المدن، حافزا لهمم الرجال من أجل البحث عن الكفاءة، وبدا جليا أن إدماج عدة قطع صغيرة فى وحدات أكبر سوف يوفر الوقت والجهد، ويقلل من كم الأعشاب الضارة وييسر عملية الصرف، فرعى المزارعون المولعون بالكسب عدة قطع صغيرة وجعلوا منها مزرعة واحدة ذات اعتبار، ومن ثم باشروا تنظيفها وتسميدها وتصريفها بصورة أكثر شمولا من الطريقة التى كان يمكن ممارستها فى ظل النظام القديم.

وكانت هذه الحركة تطويرا للتنظيم أكثر منها تطويرا للأساليب التقنية، فالزراعة العلمية شأنها شأن الأوجه الأخرى للعلم الحديث، قد بدأت فى القرن السابع عشر، وكانت نتاجا لنفس النظرة الاجتماعية العامة.

كان وستون R.Weston منفيا فى هولندا، لتأييده الحكم الملكى إبان الحرب الأهلية، فلاحظ الزراعة الهولندية للبرسيم والشلجم كمحاصيل حقلية، وبصورة حاسمة أدى اتخاذهما إلى ثورة فى الزراعة الانجليزية، مما جعل الزراعى العظيم آرثر يونج A.Young يقر بأن «وستون محسن للجنس البشرى أعلى قدحا من نيوتن». وثمة اللورد تاونشيند Tawnshend (١٦٧٤ ـ ١٧٣٨) الأصغر، بادر أبوه بدعوة تشارلز الثانى كى يعود إلى إنجلترا، وكان المدرس الخصوصى لتاونشيند هو عالم النبات وليم شيرارد W.Sherard، مؤسس كرسى علم النبات فى أكسفورد، قام تاونشيند وأستاذه بجولة شاملة فى أوروبا، وعاد منها عالم نبات قديرا، لقد تمكن بفضل اهتمامه بعلم النبات ومعرفته إياه من تقدير قيمة الشلجم كمحصول، ونجح فى استقدامه فى ضيعته، كبديل عن ترك ثلث الأراضى القابلة للزراعة مراحة كل عام، وهذا حفظ الأرض برءا من الأعشاب الضارة، وأجرى تطويرا أبعد على نظام دورة المحاصيل، طارحا الدورة

رباعية المحاصيل التى تتضمن الشلجم والشعير والبرسيم والقمح، وزادت انتاجية عزب تاونشيند زيادة عظيمة، وتضاعف ريعه عشرة أضعاف.

وخلق الإنتاج المتزايد للمحاصيل ظروفا لتحسينات جوهرية فى المواشى فقد أتيح الآن علفها شتاء بصورة ملائمة وإبقاؤها على قيد الحياة لفترة طويلة، وحفظتها التسييجات تحت السيطرة، بحيث لم تعد مختلطة معا وتتناسل تناسلا مهجنا، لقد أصبح من الممكن الانتقاء العلمى لتحسين المواشى.

بدأ تحسين الميكنة الزراعية فى نفس الوقت الذى بدأت فيه التحسينات الحيوية، ولما يربو على ألف عام، لم تطرأ تحسينات جوهرية على الوسائل العتيقة، من قبيل المحراث والمسحاه[١] والمنجل، وكانت أدوات[٢] أكثر منها آلات، فليست بها أية أجزاء متحركة، طرحت الحقول المتحصلة عن التسييجات مساحات أوسع للعمل المتسق، إذ كانت الوسائل اليدوية العتيقة ملائمة أكثر للعمل فى قطع الأراضى القديمة الصغيرة القابلة للتغيير، مع نشأة الزراعة من أجل الربح بدأ الناس فى البحث عن معدات أكثر قدرة، وكانت عملية غرس البذور أولى العمليات التى لاقت اهتماما، أو ليس من الممكن اختراع آلة يمكنها غرس بذور الذرة بصورة منتظمة توفر الجهد وتثمر نموا أكثر تناسقا؟ وتكرس كريستوفر رن فى شبابه الخلاق لهذه المشكلة.

وقطف السيد الريفى الماجد جيثرو تل J.Tull (١٦٧٤ - ١٧٤١) باكورة ثمار النجاح فى عام ١٧٠٠، فقد تركت الأساليب الفرنسية لفلاحة الكروم انطباعا عميقا عليه، ولاحظ المعقبات النافعة لانتظام الاستزراع وللإثارة المستمرة لسطح التربة عن طريق العزق والحرث لإزالة الأعشاب الضارة،

(١) المسحاه Harrow أداة لتسوية التربة الزراعية بعد عزقها وحرثها.

(٢) نلاحظ أن اللفظة الانجليزية Tool تعنى على وجه التحديد (أداة غير مفصلية) (المترجمة)

وقاده هذا إلى إدراك أن بذور الذرة ينبغى استزراعها بصورة متساوية فى خطوط مستقيمة بأرض محروثة جيدا، شأنها شأن الكروم، واستزرع هو شخصيا الذرة بهذه الخطة فى حديقته وحصل على نتائج أفضل، لكنه أخفق حين حاول استقدامها فى حقوله، وذلك لأن عماله لم يستطيعوا أو لم يرغبوا فى تعلم الأسلوب الجديد، ولهذا قرر أن يحاول صنع آلة يمكنها استزراع البذور بالطريقة التى يشاؤها.

وبعد تجارب عديدة، ابتكر ماكينة يمكنها بذر البذور على مبعدة متساوية بصورة منتظمة ومستقلة عن السرعة التى تتحرك بها الماكينة، فكانت تنثر البذور فى صفوف مستقيمة، تاركة فراغا بين الصفوف فيمكن تخليصها من الأعشاب الضارة وعزقها، وابتكر لهذا الغرض عزاقة تجرها فرس، وأنتج محصول غلٍّ ثلاثة أضعاف المعدل المتوسط لانتاجية الغلة، لقد اعتقد أن الأرض المحروثة، أو التربة التى ارتدت بفضل مزيد من الحراثة إلى حالة جيدة، لهى أكثر أهمية من التسميد، وطوال ثلاثة وعشرين عاما استزرع القمح استزراعا ناجحا فى نفس قطعة الأرض بغير تسميدها، وكان يحصل على غلة أكثر من التى يحصل عليها فلاحون يستخدمون التسميد والأساليب التقليدية للزراعة.

فى البداية تباطأ اتخاذ آلة تل لشق الأثلام وبذر البذور فيها، رفض العمال استخدامها لأنها جعلت الكثيرين منهم عمالة زائدة، لقد نفروا من الآلات لأنها كثيرا ما كانت تتحطم، ولم تكن الهندسة الميكانيكية تقدمت بما يكفى لجعل الآلات جديرة بالاعتماد عليها، وظل تطور الميكنة الزراعية بطيئا حتى ارتقت الثورة الصناعية بالهندسة، وخلق تزايد السكان المتسارع طلبا على الغذاء وطيدا وأكثر إلحاحا.

وما كان سكان المدن الجديدة يستطيعون أداء العمل الصناعى الشاق بغير التغذية باللحوم، وأدى هذا إلى تطور كبير فى تربية واستيلاد الماشية. وأنتج مزارع لايكسترشاير روبرت بيكويل R.Bakewell (١٧٢٥ -

١٧٩٥) سلالة جديدة من الأغنام تعطى لحما أكثر من حيث النسبة مع العظام، وضعف أعلى انتاجية من اللحم تعطيها السلالات التقليدية، وقد حصل على هذه النتائج عن طريق الاستيلاد الداخلى المنتظم، أى مزاوجة المواشى التى تجمعها صلة قربى وثيقة، بطريقة تثبت أفضل خصائصها، وأرست أساليبه أساس القطعان البريطانية الأرومة، والتى كان لها أكبر الأثر فى رفع انتاجية المواشى فى أنحاء شتى من العالم.

وأيضا أتاح تسييج الأراضى انتقاء أفضل التقاوى. وفى ١٨٢٠ حدثت خطوة تقدمية كبيرة، وذلك حين لاحظ عامل زراعى يدعى جون أندروز J.Andrews نبات شعير عملاق ينهض من حذائه ذى الرقبة بعد أن آوى إلى منزلة عائدا من الحصاد، فقام باستزراعه فى الربيع التالى وحصل على حصاد من نباتات بنفس الحجم، وسمع عنه قسيس المقاطعة المبجل جون شيفاليه Chevallier وشرع فى زراعته. وأصبح الشعير الجديد مشهورا تحت اسم «شعير شيفاليه»، فما كانوا يعتقدون، آنذاك أنه من الملائم تسمية تقاوى جديدة على اسم مجرد عامل زراعى. وفى أزمنة أحدث، أجريت تحسينات أبعد على الشعير، ولاسيما عن طريق شركات كبيرة لتخمير الجعة أدار علماؤها دفة أبحاث مكثفة على انتقاء أفضل أنواع الغلال للتخمير. أما تحسين القمح عن طريق الانتقاء فقد زايد من مصادر الغذاء العالمى زيادة عظمى، وكما قال لامارتين يتس LYates «كانت انتاجية غلة القمح منذ نيرون حتى نابليون ثابتة على ما يقرب من عشرة بوشل للإكر[1]، ومع عام ١٨٥٠ ارتفعت إلى ما يقرب من خمسة عشر بوشل، وفى عام ١٩٠٠ كان متوسط ما تعطيه فى بعض البلدان الأوروبية من عشرين إلى ثلاثين بوشل، واليوم، تفوق انتاجية الغلة فى بعض البلدان خمسين بوشل للأكر». وحتى الآن، لا تزال انتاجية الغلة تحت أفضل الظروف تعلو على هذا. لقد تساوق تحسين القمح مع الثورة الصناعية.

---

(١) البوشل Bushel مكيال للحبوب. والاكر Acre = ٤٨٤٠ ياردمربعة وهو وحدة تقسيم الأراضى المعتمدة فى انجلترا ودول أوروبية أخرى، يوازى الفدان فى مصر. (المترجمة).

وانبثق حافز كبير لتطبيق الكيمياء على الزراعة من جراء دعوة همفرى دافى H.Davy عام ١٨٠٢ ليحاضر فى هذا الموضوع، وذلك حينما كان العجز الغذائى شديدا بسبب حروب نابليون، وبعد هذا بحوالى ربع قرن سار الكيميائى الألمانى يوستوس فون لايبج J.von Leibig[١] بهذا الأمر إلى الأمام بقوة مدهشة. فقد ابتكر طرقا لتحليل المواد النباتية والحيوانية، وتحليل المركبات العضوية، وكانت أسرع ستين مرة من الطرق المستعملة فيما سبق، وبهذه الطرق حصل فى وقت قصير على كم مهول من المعارف الجديدة.

لقد مكنته من أن يقتفى آثار مواد كيميائية معينة، من قبيل بعض الأملاح، خلال مجمل دورة الحياة، ومنذ أن يمتصها النبات من التربة ومن ثم إلى أنسجة الحيوان الذى يتغذى على النبات، وقاده هذا إلى إدراك أن هذه الأملاح ضرورية للحياة، إنها من المكونات الأساسية للأسمدة الطبيعية، ودخل لايبج فى مجادلات ليؤكد أن هذه الأملاح سيكون لها نفس الفعالية إذا تمت التغذية على الشكل الخالص لها من أى مصدر آخر. وكنتيجة لمقترحات لايبج، عثروا على طبقات ضخمة من النيترات[٢] فى شيلى، تشكلت فى الماضى عن المخلفات المتجففة لملايين لا تحصى من طيور البحر، وتم استيرادها إلى أوروبا واستعمالها كأسمدة، لتشكل صناعة جديدة بالكلية، فقد توصل إلى فكرة المخصبات الصناعية التى يمكن تحضيرها عن طريق الكيمياء.

فى البداية قدم لويس F.B.Lowes وجيلبرت J.H.Gilbert حلا مرضيا للمشكلة الفنية لتحضير واستعمال مثل هذا المخصب، فقد درسا

(١) يوستوس بارون فون لايبج، عالم كيمياء ألماني، ولد في دارشتات عام ١٨٠٣ وتوفي بميونيخ عام ١٨٧٣. شغل منصب أستاذ الكيمياء علي مدار ربع قرن في جامعات جيس وهيدلبرج وميونيخ، وتم انتخابه رئيس أكاديمية العلوم في ميونيخ، وأنعم عليه بلقب البارون والجراندوق، ومن أشهر انجازاته في تقنيات البحث العلمي جهاز ينسب إليه هو مكثف لايبج، ولكن كان تسميد التربة علي رأس اهتماماته وهو ما قاده إلي وضع مناهجه في التحليل. (المترجمة).

(٢) النيترات nitrates هي أملاح حامض النيتريك (المترجمة)

الكيمياء، وجيلبرت واحد من تلاميذ لايبج، كانا على تمام الإدراك بإمكانية جعل الفوسفات قابلا للذوبان عن طريق المعالجة بالأحماض، وخطر على بالهما أن العظام المتحللة فى حامض ستكون أكثر قابلية لأن تتمثلها النباتات غذائيا، وبفضل اكتشاف لويس وجيلبرت أصبحت التربة الزراعية، المنهوكة فى بقاع عديدة من بريطانيا وأوربا بفعل قرون من الزرع والجنى بغير تسميد ملائم، يمكنها أن تعيل جانبا كبيرا من الزيادة فى السكان خلال القرن التاسع عشر، وبالثروة التى جمعها لويس من مخصبات الفوسفات الصناعية، أسس مركز روثامستد Ro-thamsted للأبحاث الزراعية.

لقد أدرك لايبج أهمية النيتروجين لنمو النبات، وعنّ له أن النباتات تحصل عليه من الهواء لكنه عجز عن اكتشاف كيفية حدوث هذا، وفى عام ١٨٧٧ ، أكتشف شلوسنج Schloesing ومونتس Muntis مفتاحا لحل اللغز، إذ كانا منشغلين بعملية تنقية مياه البالوعات، ووجدا أنه ينشأ عن إنتاج النترات فى مياه البالوعات، ولا يحدث هذا بسرعة بل ببطء، كما لو كان نتاجا لعملية حية، فحاجا بأنه إذا كانت فى مياه البالوعات كائنات حية فلابد وأنها سوف تهمد حين يتم تخديرها بالكلوروفورم. وحاولا إجراء التجربة ووجدا أن هذا ما حدث بالفعل. ثم أوضح أحد علماء البكتريا أن الكائنات العضوية الحية فى مياه البالوعات كانت بكتريا، وأعقب هذا أن النترات الموجودة فى السماد العادى تخلقت عن النتروجين فى الهواء بواسطة البكتريا.

وبعد هذا تم اكتشاف أن العقيدات الموجودة فى جذور النباتات القرنية، كالبرسيم والبازلاء مثلا، وتحتوى على بكتيريا يمكنها تثبيت النتروجين من الهواء، وهذا أحد الأسباب التى جعلت البرسيم يحقق مثل ذلك الغرض القيم فى دورة المحاصيل، وكانت الخطوة التالية هى محاولة الحصول على النتيروجين من الهواء مباشرة عن طريق الوسائل

الكيميائية، ثم تغذية التربة به فى صورة نترات صناعية، وقد تم هذا بنجاح أولا فى النرويج على يد بيركلاند K.Birkeiand وإيد S.Eyde ، وذلك بأن يساق تيار هوائى خلال قوس كهربى شديد السخونة، وتأدى هذا إلى اتحاد بعض من النتروجين والأكسجين فى الهواء، والمواد التى تشكلت بهذه الطريقة أمكن فيما بعد تذويبها فى الماء وتحويلها إلى نترات.

استهلكت عملية القوس الكهربائى قدرا كبيرا من الكهرباء، فبزتها العملية التى قام بها عام ١٩١٣ هابر F.Haber (١٨٦٨ - ١٩٣٤) لاتحاد النتروجين والأيدروجين بواسطة المواد الحفازة لانتاج الأمونيا، التى يتم تحضير النترات منها بسهولة. وإبان الحرب العالمية الثانية تزايد إنتاج المخصبات الصناعية زيادة مهولة، وارتفعت إنتاجية العالم من النترات الصناعية إلى كم يحوى ما يعادل أربعة ملايين طن نتروجين من الهواء، وتم استخراج حوالى ستة ملايين طن فوسفات من الصخور الفوسفاتية.

وبعد إدراك المكونات الكيميائية الأبسط للنباتات والحيوانات، اتجه الاهتمام إلى مكونات كيميائية للأشياء الحية أصعب مراسا، مما أدى إلى اكتشاف الفيتامينات والهرمونات. فى البداية عرف الفيتامينات إيكمان Y.F.Eykman فى أندونيسيا، وجولاند هوبكنز F.G.Hopkins فى انجلترا. ففى عام ١٨٩٠ لاحظ ايكمان (١٨٥١ - ١٩١٥) أن البربرى، وهو مرض أعراضه الأنيميا وضعف عام فى الصحة، يسببه أكل الأرز المضروب، وبين أن النخالة التى نحصل عليها حين ضرب الأرز احتوت على مادة قابلة للذوبان فى الماء والكحول، ويمكنها الوقاية من مرض البرى برى، وفى عام ١٩١٢ أثبت هوبكنز بصورة قاطعة أن موادا معينة ضرورية، وإن كان فقط بكميات ضئيلة جدا، للنمو العادى والصحة العامة فى الفئران، واسماها «عوامل الغذاء المساعدة» وشيئا فشيئا، طغى على توصيفه الدقيق مصطلح أقل دقة لكن يعطى صورة أكثر حيوية: «فيتامين»،

واكتشف العالمان F.A.F,C وونت F.W.Went فى أندونيسيا الهرمونات المدعمة للنمو فى النباتات، وكان كوجل F.Kögl فى هولندا أول من قام بتصنيعها كيميائيا.

وكما أدت الخطوات التقدمية فى الكيمياء مع بواكير القرن التاسع عشر إلى تفهم أعمق لاحتياجات النباتات، وإلى تأسيس صناعات المخصبات الاصطناعية، فقد أدت الخطوات التقدمية التى أحرزت فى القرن العشرين بالمثل إلى تطوير صناعات جديدة تقوم بتخليق مدى واسع من المواد الكيميائية شديدة التعقيد، التى تدعم النمو، وتؤثر على مسلك النباتات - كتهيئة الفاكهة - وتقتل حشرة الأوبئة وتقضى على الأعشاب الضارة، إن التزايد السريع لسكان العالم أحد العوامل التى تستحث خطى هذه التطورات، ويبحث الكيميائيون عن مواد جيدة قد تكون ذات قيمة زراعية، ويتطلب هذا جهودا متوفرة لتحسين المناهج الكيميائية، وكما أحدث ليبيج خطى تقدمية جذرية فى مناهج الكيمياء العضوية بعصره، فإن علماء الكيمياء المعاصرين طوروا بالمثل تلك التقنيات الجديدة قبيل الكروماتوغرافيا، التى اخترعها تسوط M.Tswett عام ١٩٠٦، وطورها مارتين A.F.P.Martin وسينج R.L.M.Synge عام ١٩٤١، وزادت القدرة على تحليل وتركيب الجزئيات المعقدة فى المواد زيادة عظمى بفعل هذه التقنيات.

لقد كانت الآثار المجتمعة عن شتى تطبيقات العلم على الزراعة آثارا عظيمة، ولكن ربما كان أكثر عامل تميز على حدة بالفعالية هو الجرار الذى يتحرك بذاته - عن طريق آلة الاحتراق الداخلى، وفى أشكاله المتأخرة، بملحقاته من أدوات ميكانيكية تعمل بصورة هيدروليكية، نلقاه يمد من نطاق القدرة الإنسانية إلى أضعاف أضعافها وهو أكثر كثيرا من مجرد مصدر للقوة. لقد كانت الجياد فى بريطانيا عام ١٩٣٩ تفوق الجرارات عددا وبنسبة ثلاثة عشر إلى واحد، واليوم، اختفت فعلا الجياد من الزراعة، فالجرار يعمل بصورة أسرع وقد ساعد فى تحرير المزارع من الطقس.

وفضلا عن تحسين الزراعة، طرح العلم إمكانية لا متناهية لتصنيع الطعام عن المعادن، وتم إحراز شيء من التقدم في تصنيع دهون قابلة للأكل عن البترول، وطالما بات الطلب على الغذاء يتزايد دائما أكثر وأكثر، وطالما أن العلم يتقدم، فيصعب التشكك في أنه سوف تستحدث وسائل لاصطناع الغذاء على مجال واسع(١).

(١) راجع الهامش للفصل التالي الذي يدور حول الثورة البيوتكنولوجية. فلم يكن ممكنا الإشارة إليها أو التعرض لها قبل أن يقتحم بنا المؤلف عالم الميكروبات، هذه الثورة هي التي تعد بمصادر جديدة للغذاء ولاشياء أخرى كثيرة. (المترجمة)

الفصل السادس عشر

مقاومة الأمراض: الجديدة والقديمة

كما عاد مكتشفو العالم الجديد محملين بأنواع جديدة من النباتات، والحيوانات، فإنهم بالمثل عادوا محملين بأمراض جديدة، والنظام التقليدى للطب، الموروث عن جالينوس والقائم على قرون من خبرة العالم القديم، أخفق فى التغلب على مضاعفات مرض الزهرى، الوارد من المكسيك، ووجدوا أن الكيماويات ذات المصدر المعدنى، وليست ذات المصدر النباتى أو الحيوانى، هى لاسواها العلاج الفعال ضد هذه الأمراض الجديدة، وتحت ريادة باراسيلسوس Paracelsus (١٤٩٣ - ١٥٤١) استثار هذا التطبيق للمعرفة بالكيماويات ذات الأصل الصناعى على الكيمياء الطبية خطى تقدمية كبرى للكيمياء ككل، فضلا عن الخروج بابتكارات ناجحة فى العلاج الطبى.

وعلى أية حال، كان باراسيلسوس بجانب أنه عبقرى، شخصية غريبة الأطوار. سلك مسلك العراف والساحر، وخلق انطباعا بأن القوة الدافعة النضرة التى أعطاها للكيمياء كانت من وحى السيمياء[١]. ومهما يكن

(١) السيمياء هى كل الكيمياء القديمة - أو الجهود الكيميائية السابقة على الرواد الذين جعلوها علما حديثا والسابق ذكرهم أمثال بريستلى ولافوازييه وليبيج، وهى، أى السيمياء مبحث يحاول التوصل إلى (حجر الفلاسفة) الذى يستطيع تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب، صحيح أن قلة من أئمة المستنيرين أهمهم الكندى وابن سينا أنكرت إمكانية هذا التحويل، إلا أنهم لهذا =

الأمر، فكما أشار دوما : «على الرغم من شيوع الرأى المناقض، فإن التقانيين بالأحرى أكثر من السيميائيين هم الذين ألقوا أسس الكيمياء الحديثة». وقبل فجر التاريخ بزمان سحيق، كان الإنسان يستخدم عمليات

لم يعتنوا كثيرا بكيمياء المواد، أما كل من اعتنى بالكيمياء القديمة، أو السيمياء، فإنما فعل هذا لإيمانه الراسخ بإمكانية هذا التحويل، فقد غرتهم ظواهر كيميائية كثيرة، منها انه بغمس الحديد فى كبريتات النحاس يحل الحديد محل النحاس فتنفرد الكبريتات بلونها الأحمر ويترسب النحاس على سطح الحديد فيتغير لونه ومظهره، وأيضا بتسخين كبريتات الرصاص تتصاعد رائحة كبريتية وتتخلف مادة، إذا سخنت فى بوتقة مصنوعة من رماد الاعظام تظهر كرة صغيرة من الفضة وذلك لأن خام كبريتيد الرصاص يحتوى على نسبة ضئيلة من الفضة، وبتسخينه فى الهواء يتحول إلى مادتين: غاز ثانى أكسيد الكربون ذى الرائحة الكبريتية وأكسيد الرصاص. وبتسخين أكسيد الرصاص فى البوتقة يتطاير جزء، ويمتص رماد العظام - لأنه فوسفات كالسيوم - الجزء الباقى ولا يبقى إلا الفضة، وهم بالطبع لم يدركوا مثل هذا التفسير العلمى، فقط شاهدوا التغير الناجم على السطح، فآمنوا بإمكانية تغيير المعادن إلى بعضها، معللين هذه الإمكانية بفيض هائل من الخرافات والخزعبلات، وايضا الأفكار الميتافيزيقية.

فها هو ذا جابر بن حيان أعلم علماء العصور الوسطى طرا، يخرج العالم الفرنسى برتيلو (١٨٢٧ - ١٩٠٧) كتابة «كيمياء العصور الوسطى» ليعتبر كل الكيميائيين بعد جابر إما ناقلين عنه معلقين عليه، فقد كان بلا جدال شيخ الكيمياء القديمة، واعظم اقطابها، وأكثرهم إيمانا بإمكانية تحويل المعادن الخسيسة إلى الذهب، استغل جابر تفرقة أرسطوبين الوجود بالقوة والوجود بالفعل، ليذهب إلى أن الذهب ذهب بالفعل أما الفضة والنحاس فذهب بالقوة، أى ثمة إمكانية لجعلها ذهبا، وهم على أية حال آمنوا بغايتهم واحترموها كثيرا، وفرضوا عليها سرية بالغة مخافة أن تقع فى أيدى العوام الجهلة فتفسد الأخلاق، ولعلهم أصحاب القول الشائع «لا تعطوا العلم السفلة من الناس»، فوضع ابن حيان التكتم صفة أساسية من صفات العالم، وأضاف إليها الإنصاف والمثابرة والدأب والتحصيل النظرى الواسع. حقا أن السمياء تبعد كثيرا عن الكيمياء المعاصرة، لكن أين ذلك الوليد المعجز الذى يولد ناضجاً، حتى نجد الكيمياء هكذا، إن السيميائيين، وإن لم يستطيعوا تحقيق هدفهم، قد توصلوا فى غمرة البحث عنه إلى اكتشافات عديدة قيمة، تبيح الحكم بأن السيمياء هى أساس الكيمياء. فالكيمياء، اذن خرجت من السيمياء، وهى مدانة له، وسبحانه يخرج الحى من الميت والظلمات من النور، فإمامهم ابن حيان اكتشف فى غمرة أبحاثه عن حجر الفلاسفة: كربونات الرصاص القاعدية وكبريتيد الزئبق وحامض النيتريك وحامض الكبريتيك ونترات الفضة والاثميد،وهو بالطبع لم يعطها هذه الأسماء، بل اسماء من قبيل: زيت الزاج وحجر جهنم والزنجفر... (هذا هو الرأى الشائع الذى أشار إليه العالم الكبير دوما)، (انظر:زكى نجيب محمود، جابر بن حيان، سلسلة أعلام العرب، (٣)، مكتبة مصر، القاهرة، (١٩٦٢).

ولا تذهب بنا السخرية من احلام القدامى كل مذهب، فالعالم الأمريكى دمبستر تمكن منذعشرات السنين من تحويل الزئبق إلى ذهب بواسطة بعض التعاملات النووية والتى تتلخص فى إطلاق بروتونات ذات طاقة كبيرة لطرد بروتون من نواة الزئبق بشحنته (٨٠) منتجا الذهب=

تتضمن الأكسدة واختزال المواد، رغم أنه بطبيعة الحال لم يدرك عملياته في هذه المصطلحات الحديثة، لقد استخدم التخمير لإعداد الطعام والشراب وجعل الجلود قابلة للاستعمال في الملبس، ونقب إنسان نياندرتال عن أوكسيد المنجنيز ليستخدمه كصبغة وأدى اختراع المنسوجات إلى تطوير الصباغة، ولعل انتشار المعرفة بالصباغة أسدى أكثر مما أسدى أي شيء آخر في إنشاء الكيمياء المبكرة، ولما يربو على آلاف السنين تراكمت معارف ذات اعتبار بأمثال هذه التقنيات من قبيل الصباغة والطلاء بالذهب، وكانت تنقية الطلاء بالذهب على وجه التعيين حافزا دافعا، لأنها تضمنت العديد من الإجراءات الكيميائية للمعادن، وفي العصر السكندري كان ثمة بالفعل وصفات محققة للطلاء بالذهب، لعبت فيها مركبات الزرنيخ دورا هاما.

اعتمد باراسيلسوس على الكيمياء التقنية، القديمة والحديثة على السواء، وطبقها بطريقة جديدة، وكان بهذا يستهل رؤى علمية جديدة، اسمه الأصلي فيليبوس أوريولوس ثيوفراسطس بومباست من هوخنهايم، وقد ولد في العصر الواعد بعد اكتشاف أمريكا، وكانت حياته وعمله تعبيرا عن أحد أوجه القوى العميقة الناشطة في أوروبا والتي ألهمت بهذا الإنجاز الحاسم، وهو ابن أستاذ في مدرسة المعادن بشمال النمسا، وعن التعدين اكتسب معارفه الأساسية بالكيمياء وكانت له خبرة بالعمل تحت الأرض، ثم اهتم بالطب واستمع إلى محاضرات في جامعات عدة، وقصد إلى كل الأطباء والسيميائيين والمنجمين والسحرة الذين استطاع أن يجدهم، كي يتعلم عنهم سر الصنعة والأشكال الجديدة للمداواة والعلاج.

= بشحنة نواة (٧٩)وهذا لا يحقق أمل جابر وسائر السيميائيين في الثراء السريع لأن التكاليف أضعاف مضاعفة لثمن الذهب الطبيعي، إلا أن له قيمة علمية نظرية كبيرة، ولعلها الآن تلقى لنا الضوء على أهمية تاريخ العلم بغثه وسمينه.
(المترجمة)

سمع عن الأمراض الرهيبة الآتية من العالم الجديد وإخفاق طب جالينوس التقليدى فى علاجها، أثاره تعلم أن المعادن فقط، والتى كانت حماسة شبابه الأولى، فعالة فى الإبراء منها، لقد تكونت أشكال العلاج الجالينوسى من مزيج لمواد مستخرجة من النباتات والحيوانات، مصحوبة بنظام شديد الحرص للغذاء والحمية، ومن ثم أدرك باراسيلسوس الحاجة إلى طب جديد قائم على عقاقير متقدة مصنوعة من المعادن التى فتنته فى البداية، وجعل منه مزاجه الطامح المقتدر الاستعراضى أداة فعالة للقوى العاملة على تحويل مسار العصر، وتلبسته العزيمة لإزاحة الطب التقليدى جانبا وتأسيس طب جديد، قائم بصفة خاصة على كيماويات من مصدر معدنى، كالزئبق والانتيمون.

وبالفعل سببت عقاقيره المعدنية شفاء بعض من الحالات التى كانت العقاقير التقليدية عديمة النفع فيها، فاستطاع أن يضمن التأييد الشعبى له على أساس من هذا وبواسطة عبقريته الاستعراضية، لقد أحدث ذلك القدر من الإثارة حتى أن السلطات أجبرت على تعيينه أستاذا للطب فى بازل بسويسرا عام ١٥٢٦. وبدأ مقرره بأن جمع كل المراجع التقليدية للطب،وكدسها فوق بعضها أمام تلاميذه وأشعل النار فى الكومة،وأخبر أتباعه أن يتجاهلوا الكتب ويدرسوا الطبيعة مباشرة، لاسيما خصائص الجوامد والمعادن، كى يكتشفوا أشكالا جديدة للإبراء والعلاج.

لقد استقدم إلى الطب أفكارا صناعية ومفاهيم وطرق لصنع الأشياء، ومن خلال هذا ساعد فى تحرير الطب من التقاليد العتيقة للسحر وقوض دعائم السيمياء فعلا، على الرغم من سلوكه الشرس، طرح أفكاره فى لغة مبهمة، وقضى حياته فى صخب دائم من الجدال والسباب، وأصبح اسمه - اسم بومباست Bombast مصطلحا عاما للتبجح. ومع هذا، فإنه قد بدأ الحقبة الجديدة للكيمياء وبيز فى هذا أى رجل آخر.

وكمحصلة لتأثير باراسيلسوس إلى حد بعيد، ارتفع الطب الكيميائى إلى موقع السيطرة على مجريات الطب فى القرن السابع عشر، وبقيادة رواد أمثال بوّرهاف H.Boerhaave (١٦٦٨ - ١٧٣٨) فى ليدن، فقد كانت محاضراته يحضرها الكيميائيون من بقاع عديدة فى أوروبا، وخصوصا من اسكتلندا، وهذا هو التطور الذى جعل ليبيج يشير إلى أن: «الأطباء العظام الذين عاشوا نحو أواخرالقرن السابع عشر، هم مؤسسو الكيمياء». ومنذ عصر باراسيلسوس، وإسهام الكيمياء فى الطب مستمر بقوة لا تهن.

لقد استنشق بريستلى الأكسجين فور أن اكتشفه، ولاحظ آثاره الفيزيولوجية. ومثل هذا باكورة أبحاث لا حصر لها على الخصائص الطبية للغازات، وأدى إلى اكتشاف الشاب همفرى دافى H.Davy للخصائص التخديرية للأكسيد النترى(الغاز المضحك)وهو غاز آخر من الغازات التى اكتشفها بريستلى، وبعد هذا تم اكتشاف الخصائص التخديرية للأثير والكلوروفورم.

وطرح تطور كيمياء الأصباغ فى القرن التاسع عشر التقنية لتركيب سلسلة تتوالى دوما من المواد التخديرية والعقاقير، وتمثل هذا فى تركيب حامض سلساليك الأستيل، أو الأسبرين، والانتاج الصناعى له.

ثم كان ثمة مجددا عالم كيمياء ذو تأثير ثورى على الطب، ألا وهو لويس باستور L.Pasteur (١٨٢٢ - ١٨٩٥) الذى أشار مرارا وتكرارا إلى أنه «جاهل بالطب والجراحة». والشهادات الطبية التى حصل عليها مجرد شهادات شرفية، كانت أول أبحاث باستور فى البلورات(١)، واكتشف أن

(١) ذلك أن باستور نال إجازة العلوم والفلسفة عام ١٨٤٠، فحصل على وظيفة مساعد كيمياوى فى مدرسة المعلمين بباريس حيث الحق للعمل مع العالم الكبير أوجست لوران A.Laurent للهتم بدراسة البلورات، التى شغلت باستور بعمق منذ أن درسها فى كتابات متشرلش Mitscherlich وبيو Biot من بلورات، طرطرات الصوديوم. وفى مدرسة المعلمين وداخل معاملها استعمل لويس باستور لأول مرة فى حياته المجهر لفحص بلورات الأملاح التى=

حمض الطرطريك العادى يتكون من البلورات اليمنى فقط، بينما كان ثمة شكل نادر من الحمض، يوجد فى البراميل الخشبية للخمور يتكون من مقادير متساوية من البلوات اليمنى واليسرى، فبدا أن المتعضيات الحية[1] تتوافق فقط مع البلورات اليمنى، فالعمليات الحية تجرى لسبب ما بطريقة كيميائية يعوزها الانسجام بين الجانبين، وبدلا من أن تجرى بأعداد متساوية من البلورات اليمنى واليسرى، فإنها تشيد أنظمة حية بالبلورات اليمنى فقط، ثمة شىء ما فى صميم الطبيعة يتسم بلا تماثل جوهرى.

ولا يزال صدى هذا الاكتشاف يتردد فى علم الحياة، وفى أحدث عرفان بالبنية الداخلية للمادة الحية، لقد خطر لباستور أن القوى الكونية، التى تقوم بعملها من مجال خارج الكرة الأرضية إنما تمارس ضربا ما من الانتقاء على الجزئيات التى يمكن أن تستغلها المتعضيات الحية فى عملية النمو. ومزج معادن شتى معا، وعرضها لمجالات مغناطيسية قوية، فى محاولة لمحاكاة ظروف ربما كانت متحققة حين تشكلت المادة الحية على سطح الأرض لأول مرة، لم تسفر تجاربه عن نتيجة لكنها كانت شديدة الحداثة فى روحها، ومنذ وقت قريب تم بنجاح تخليق بعض من الجزئيات التى تتشكل منها البروتينات عن مزيج من الإيدروجين وبخار الماء والأمونيا والميثان، تهزه شرارات كهربائية تحاكى ومضات ضوئية أو شحنات، مثلما كان عساه أن يحدث على سطح الأرض منذ ألفى مليون خلت من السنين، حينما ظهرت المتعضيات الحية لأول مرة.

قام الصيت العلمى الذائع لبارستور على أكتاف عمله الفذ فى البلورات، فتم تعيينه بعد بضع سنوات أستاذا فى ليل، بشمال فرنسا،

= كان لوران يكلفه بدراستها، وسعد باستور كثيرا بهذا الجهاز الذى أصبح فيما بعد أداته الرئيسية فى اكتشافاته العظمى. (د. محمد صابر، لويس باستير، الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر، القاهرة، ١٩٧١. ص٢٣)

(المترجمة).

(١) متعضيات هى الترجمة التى اعتمدها مجمع اللغة العربية للفظة أو مصطلح: الكائنات العضوية Organisms. والمفرد متعضى (المترجمة).

حيث كان المنتظر منه أن يقوم بتطبيق الكيمياء على الصناعات المحلية، وكانت تخمير الجعة إحداها، ومن ثم شرع باستور فى دراسة التخمير، وسرعان ما أعلن أن «التخمير بصفة جوهرية ظاهرة ذات علاقة متبادلة بفعل حيوى يبدأ وينتهى به».[1] أنه لا يحدث بغير أضعاف مضاعفة من الكريات الحية، واستدعته باريس أستاذا عام ١٨٥٧، وهناك واصل أبحاثه فى الكريات الحية، أو المتعضيات المجهرية، وقام بتنفيذ تقنيات الاتنبات الخالص[2]، والذى يمكن عن طريق التمييز بين الأنواع المختلفة للمتعضيات المجهرية، فاشتبك فى مناظرات حول ما إذا كانت الحياة يمكن أن تنشأ بصورة تلقائية، وأثبت إثباتا قاطعا أن كل التجارب المزعومة والتى يعطى ظاهرها إثباتا لهذا إنما هى تجارب مغالطة؛ فعلى قدر ما كان معروفا آنذاك، الحياة لا يمكنها أن تنشأ إلا عن حياة[3].

(١) هكذا أعلن باستور واحدا من أعظم اكتشافاته، أو لعله أعظمها على الإطلاق، وهو أن التخمير نشاط ميكروبيولوجى أو بالأدق بكتريولوجى، ونلاحظ أن العالم ليبيج الذى سبق ذكره خصوصا فى الفصل السابق تمسك بالرأى الشائع المخالف والخاطىء فقد أكد أن التخمير ليست له اية علاقة بالميكروبات، وكان يعتقد أن الخمائر ما هى إلا أجسام بروتينية ميتة تتحلل فيحدث تحللها تغييرا عنيفا ينتقل تأثيره إلى الوسط الذى توجد فيه فيسبب تحللا يظهر أثره فيما يوصف بالتخمر.

والواقع أن التخمر هو أول نشاط ميكروبى يسخره الإنسان، فقد استغله السومريون والبابليون فى العراق القديمة منذ ستة آلاف عام قبل الميلاد، كما برع الفراعنة فى تخمير الجعة بعد ذلك بألفى عام، هذا فضلا عن استخدام خمائر الخبز منذ الزمان السحيق.

=وصحيح أن الفرق الكبير بين الميكروبات التى تسبب التعفن (البكتريا) وتلك التى تسبب التخمر (الخمائر) لم يتضح إلا فى خمسينيات هذا القرن، بفضل الميكرسكوب الالكترونى الجديد، إلا أن باستور عندما أثبت أن كل العمليات التخميرية نتاج النشاط الميكروبى إنما كان يضع الأساس للثورة أو الصناعة البيوتكنولوجيةالتى تعد من أعظم معالم الهزيع الأخير من القرن العشرين، وسوف نعرض لها بعد الانتهاء من عرض جهود أبيها الشرعى باستور. (المترجمة).

(١) الاستنبات الخالص Pure Cultures هو زرع البكتريا أو الانسجة الحية للدراسة العلمية والأغراض الطبية (المترجمة ـ عن قاموس المورد).

(٣) لا يعود الفضل فى القضاء على نظرية التوالد التلقائى إلى باستور فقط، فقد اعتراها الوهن منذ ميكروسكوبات ليفنهوك، وخصوصا بسبب تجارب الطبيب الإيطالى فرانشيسكو ريد (١٦٢٦ ـ ١٦٩٧) الذى بين أن الدود فى اللحم ليس إلا يرقات الذباب، لذلك لا يظهر أبدا إذا حفت=

وفى عام ١٨٦٢ أشار إلى أن دراسة المتعضيات المجهرية تشكل الخطوة الأولى للبحث فى الأمراض المعدية وهو بحث خطير الأهمية، ثم سأله مواطنو بلدته عن علة فساد نبيذهم، فقام بتعيين هوية المتعضيات المجهرية التى سببت المشكلة، وأوضح أنه إذا تم رفع درجة حرارة النبيذ إلى ستين درجة مئوية فسوف تموت الغالبية العظمى من هذه المتعضيات المجهرية، فيمكن حفظ النبيذ، هكذا اخترع طريقة «البسترة». وبعد هذا، طولب بالبحث فى المرض الذى أهلك معظم الديدان منتجة الحرير لصناعة الحرير الفرنسية، ولم يكن حتى ذلك الحين قد شاهد أية شرنقة لدودة الحرير، تسلم واحدة، هزها على مقربة من أذنه، وأعلن ملاحظته: «إنها تقعقع: ثمة شىء ما داخلها»، ومن هذه الخطوة للأمام بالمشكلة شرع فى برنامج مهيب لبحث استغرق سنوات، وقد كان تاريخ حياة المتعضى المجهرى الذى سبب مرض دودة الحرير تاريخا شديد التعقيد، لكن باستور انغمس فى دراسته بمعية كل أعماله الروتينية، وبذل جهودا جبارة حتى أصيب عام ١٨٦٨ بصدمة دماغية ومنذ ذلك الحين فصاعدا أصبح مشلولا شللا بسيطا، بيد أن هذا لم ينل من طاقته العقلية، وعلى أية حال ترك تأثيرا على أسلوبه فى العمل، فقد بات يعتمد على مساعدين فى المعالجات التجريبية ، وبدأ يكرس نفسه أكثر للتنظيم العقلى للكشف

= اللحم مغطى، وهذا ما يعرفه القصابون منذ زمان سحيق إذ يغطون اللحوم بالقماش الأبيض النظيف، ثم أوضحت أعمال عالم الطبيعة الإيطالى لازارو سبالانزانى (١٧٢٩ - ١٧٩٩) أن الأحياء الدقيقة لا تظهر تلقائيا - فى الحساء مثلا - بل ينقلها الهواء، طالما أنها لا تظهر إطلاقا فى القوارير المحكمة الإغلاق، ثم طبق الفرنسى نيكولاس فرانسو آبيرت (١٧٥٠ - ١٨٤١) تجارب سبالانزانى عندما طور أول عمليات التعليب، لينشر نتائجه عام ١٨١٠. هكذا استخدم التعليب لحفظ الطعام قبل حسم القضايا العلمية بزمان طويل (ستيفانى يانشنسكى، هندسة الحياة، ترجمة د. أحمد مستجير، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٠. ص ٩، ١٠) وكان باستور هو الذى حسمها بالقضاء نهائيا على نظرية التوالد التلقائى الزائفة بقوله إن الحياة لا تنشأ إلا عن حياة، ولكن المؤلف يقول عاليه: (على قدر ما كان معروفا آنذاك) لأن العلماء الآن يستطيعون تخليق خلايا حية عن عناصر أولية غير حية خصوصا الكربون والأيدروجين. (المترجمة).

وضع بطاقات تفصيلية مفهرسة لكل شيء له ثقل ما على مباحثه، ويقضى ساعات، ساعتين، ثلاث ساعات، أربعا، خمسا... جالسا بلا أدنى حراك مستغرقا فى تأمل عميق ، وممعنا التفكير فى المواد المدونة ببطاقاته. فى هذه الآونة لا يجرؤ أحد على مقاطعته، والجميع حوله يسيرون على أطراف الأصابع. وفى العام التالى لإصابته بالصدمة الدماغية قام بحل مشكلة دودة الحرير، معينا المتعضى المجهرى ومعطيا التعاليم بكيفية تفاديه. وهكذا تمت حماية صناعة الحرير الفرنسية.

وقد كان باستور محملا بمشاعر ناقمة على الألمان إبان الحرب الفرنسية الألمانية. وبعد أن وضعت الحرب أوزارها تصور خطة لتوجيه ضربة إلى احتكار الألمان لصناعة الجعة وذلك عن طريق اكتشاف يجعل الجعة الفرنسية بجودتها أو أجود منها. فأجرى أبحاثا مبرزة على كيفية استنبات الخمائر الخالصة التى أمكن حل المشكلة عن طريقها .

وآنذاك طولب باستور ببحث مرض الجمرة الذى كان يفتك بالأغنام الفرنسية. وقد كان معروفا أن دم الحيوانات المصابة زاخر بأجسام صغيرة تشبه الخيط، وكان كوخ Koch قد بين استنباتها خارج الحيوان. ولم يستطع الأطباء البيطريون الاقتناع بأن هذه الجسيمات هى سبب المرض، لأنه بعد أن اختفى فيما يبدو من المقاطعة لسنوات، عاود الظهور بغتة. فلا يمكن أن يكون السبب متعضيا حيا كان ثمة كل تلك المدة. فبين باستور أن المتعضى يظل محتفظا بفوعته[1]، حتى بعد أن يتم توالده عبر مائة جيل. وشرح لهم أن الحيوانات المصابة بالجمرة حين توارى التراب فإن جراثيم المتعضيات المجهرية، وهى واحدة من أنواع عديدة تتكاثر بدون الأكسجين الغير متحد كيميائيا، تظل جراثيم حية، وفى النهاية تجلب الخراطين[2] بعضها إلى سطح الأرض.

(١) الفوعة Viruleunce هى مقدار حدة الجرثوم أو الفيروس. (المترجمة).

(٢) الخراطين جمع خرطون. والخرطون هى دودة الأرض. (المترجمة).

وبعد أن فسر مشكلة مرض الجمرة شرع فى دراسة الأمراض البشرية، وقد طبق عليها تقنيات علم البكتريا التى استحدثها لدراسة المتعضى المسبب لمرض الجمرة.

وفى غضون هذا، قام ببحث كوليرا الطيور. وفى سياق هذا العمل وجد أن معظم طيوره قد ماتت حين كان متغيبا فى أجازة. فأخذ من أجداث الطيور الميتة عينات من المعتضيات، واستنبتها ثم حقن الطيور العفية بجرعات منها، لكى يضمن الحصول على سرب جديد من الطيور المصابة. ظلت الطيور العفية بصحة جيدة، ولذا حاول بعد هذا أن يحقنها بكوليرا الطيور من مصدر جديد. ولدهشته، استمرت بصحة جيدة. فالحقن باستنبات قديم أكسب الطيور مناعة من الحقن الجديد بالمرض. وكانت تلك هى فاتحة علم المناعة.

وقد نجح فى تخليق مستحضرات طبية لمرض الجمرة، حين يتم حقنها فى الأغنام المعافاة، تجعلها محصنة من العدوى بجمرة مستجدة. وبعد هذا نجح فى تحضير لقاح ضد مرض الكلب، وتلك هى الأخرى خطوة تقدمية عظمى، لأن داء الكلب يسببه فيروس أصغر كثيرا من البكتريا، وهو صغير بحيث يمكنه المرور عبر المرشح، وأصغر كثيرا مما يمكن رؤيته بعدسات المجهر. وترجع التشجنات التى يسببها داء الكلب إلى هجوم الفيروس للمخ والحبل الشوكى. ولهذا قام باستور باستنبات الفيروس فى أمخاخ الفئران، ونجح فى إنتاج فيروس مستضعف أمكن استخدامه كلقاح ضد مرض الكلب(١).

(١) تلك هى خلاصة الجهود العظمى، والتى بها أسدى باستور للبشرية أجل الخدمات واستحق عن جدارة لقب مؤسس علم الميكروبات. وعالم الميكروبات والبكتريا والفيروسات والجراثيم وسائر التعضيات المجهرية - الذى يشكل نحو ٩٠٪ من المادة الحية على ظهر الأرض، هو أساس الثورة التى نعيشها حاليا فى خواتيم القرن العشرين المسماه. بالثورة البيوتكنولوجية.
قامت الصناعة البيوتكنولوجية التقليدية طوال المائة وخمسين عاما ونيف الماضية على التخمير والمضادات الحيوية، فتصنع الخمائر أنواع شهية أو مشهية من المأكولات والمشروبات أشهره =

إن تطوير باسـتـور لـعلم البكتـريا أو عـز إلى جـوزيف ليسـتـر J.Lister (١٨٢٧ ـ ١٩١٢) بفكرة اسـتـخدام المطهرات لقـتل المتـعـضـيـات المسـببـة

= العجائن والزبادى والخمور وبعض الصلصات كالساكى. أما المضادات الحيوية التى يقدر عددها الآن بالآلاف، فقهرت بسلاسة ويسر أمراضا تسببها الميكروبات بعضها كان مستعصيا مؤدياً حتما للموت، فضلا عن كونها أمراضا معدية وسوف نتعرض فى بقية هذا الفصل لظهور وبدايات المضادات الحيوية. على أن البكتريا تتميز ببراعتها الكيماوية وقدرتها على التأقلم، حتى أنها أصبحت تقاوم المضادات،وهذا يمثل مشكلة شائعة فى أوساط الطب والدواء. ولا يعجز علماء البيوتكنولوجيا عن مواجهتها.=

على أية حالة، لم تعد المضادات الحيوية - بجلال قدرها - أخطر ما فى الأمر، فقد تفجرت البيوتكنولوجيا منذ أوائل السبعينيات بظهور الهندسة الوراثية التى جعلتها تفتح مجالات لعلاج كل الأمراض بدءا من الزكام وانتهاء بالسرطان. لقد تم تخطى الحواجز بين الأنواع الحية. فأمكن إيلاج جينات غريبة فى خلايا الميكروبات لتتحول إلى معاقل لصناعة البروتين، أو لصناعة الأنسولين مثلا. نجح العلماء فى تعبئة الجينات البشرية فى بلازميدات البكتريا بطريقة العائل تماما، مما حدا التفكير فى تحويل هذه الخلايا النشطة إلى مصانع لانتاج البروتينات البشرية النادرة. وتنتج الهندسة البيوتكنولوجية الآن أثمن وأهم البروتينات - أى الإنزيمات. منها الإنزيم الذى يحول النشا فى الفم والمعدة إلى جلوكوز، مما يعنى أنه إنتاج يحل محل السكر.

وليس السكر فحسب، بل استطاعت هذه البحوث انتاج وتنمية خلايا المواد الأولية المطلوبة فى الصناعات، كخلايا الطباق، أو خلايا الكاكاو فى مشروع ضخم تبنته شركة كادبورى شويبس كبرى شركات تصنيع الشيكولاته. إنهم يسارعون من عمليات تخليق الأنسجة الحية والنباتات فى المعامل بمواصفات مثالية وكميات هائلة وأزمنة قصيرة تجعل العالم المتقدم مستغنيا فى توريد المواد الخام لصناعاته عن العالم الثالث حيث يتعرض الانتاج للآفات والكوارث وسوء التدبير، فضلا عن القلاقل السياسية واضطراب العلاقات.

الإمكانات الغذائية التى تعد بها البيوتكنولوجيا لا حصر لها. فقد أمكن تحويل المنتجات الجانبية لصناعة تكرير البترول - والتى قد تذهب إلى البالوعات - إلى مصادر رخيصة لبروتين الغذاء. تتلخص الفكرة فى تنمية البكتريا أو الخمائر على الميثانول أو الميثان ثم حصد البقايا الجافة، ليستخدم المحصول فى تغذية الإنسان أو الحيوان..

إن البيوتكنولوجيا عالم ضخم جبار يتعاظم حولنا الآن. وهو (بيو) لأنه يضم الميكروبات والبكتريا والخمائر أساسا ومعها أيضا خلايا النباتات والفطريات والطحالب. وهى تكنولوجيا لأنها تقوم على مجاميع ضخمة من حاويات لامعة من الصلب تملؤها الميكروبات، ولها شبكة معقدة من المضخات والأنابيب تربطها بمصدر الغذاء والاكسجين، ومئات من الصمامات يتحكم فيها كومبيوتر. إنها صناعة كبرى تعمل فيها مليارات الدولارات وأكثر من مائتين وخمسين شركة، أكبرها شركات خمس للهندسة الوراثية (سليتيك - جينيكس - فيرلى سيتوس - جينيتيك - بيوجين) فضلا عن الشركات الكبرى اى.سى. آى وآمجين وأنزوبيوكيم... بطبيعة الحال تقوم

للعدوى والتى كثيرا ما كانت تقتحم جروح الأشخاص الذين تجرى لهم عمليات جراحية. وقد كانت مطهرات ليستر فعالة خارج الجسم البشرى، لكن وقفت حيالها عوائق حين استخدامها فى الجروح، حيث كانت تتلف الأنسجة المعافاة تماما مثلما كانت تهاجم الجراثيم.

وفى عام ١٩٠٩ أحرز باول إيرليش P.Ehrlic (١٨٥٤ - ١٩١٥) أول نجاح واف بالمراد فى استخدام الكيماويات لقتل البكتريا داخل الجسم. فقد جرب تأثير العديد الجم من المواد على متعضى مرض الزهرى، وأثبتت المادة السادسة بعد المائة السادسة من المواد التى جربها نجاحا، وهى من مركبات الزرنيخ.

وهذه المادة المعروفة باسم ٦٠٦ أو السلفرسان Salvarsan، لها خاصة مدهشة هى مهاجمة متعضى الزهرى فقط دون أى شىء آخر.

أما محاولات اكتشاف كيماويات أخرى فعالة ضد المتعضيات الأخرى فقد سارت خطاها الهوينى. وفى عام ١٩١٤ لاحظ أيزنبرج Eisenberg أن الصبغة النيتروجينية، التى هى من مركبات الأنيلين(١) المحتوى على الأزوت (النيتروجين)، يمكنها قتل ميكروبات معينة. وفى عام ١٩٣٠ بدأت الصناعة الكيميائية الألمانية بحثا نسقياً لخصائص هذه الفئة من الأصباغ فى إبادة البكتريا، وبعد هذا بثلاث سنوات نشر دوماج Dom-age (١٨٩٥ - ١٩٦٤) اكتشافه المتمثل فى أن الصبغةالنيتروجينية

جميعا على أكتاف فيالق من العلماء يعملون على تحويل الميكروبات إلى مصانع غاية فى الدقة لانتاج العقاقير والكيمياويات والوقود وأشكال شهية ومشهية من الطعام... كل هذا بطرق أسرع وأرخص وأحجام أضخم وقدر أقل من تلوث البيئة. إن صناعة البيوتكنولوجيا تحدوها طموحات كبرى، لكن أيضا تواجهها صعوبات ومتاعب كبرى.

(انظر : ستيفانى يا نشنسكى، هندسة الحياة : العصر الصناعى للبيوتكنولوجيا، ترجمة د. أحمد مستجير، الهيئة العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٠) (المترجمة).

(١) الانيلين aniline سائل زيتى سام يستخرج من قطران الفحم، ويستخدم فى صنع الأصباغ والعطور. (المترجمة).

البرونتوزيل Prontosil فعالة في مكافحة أنواع عديدة من البكتريا. وفعل القتل يعود إلى قطاع معين من الجزئ : نظير - أمينات - سلفوناميد البنزين. وكانت تلك هي بداية ثورة كيميائية جديدة في الطب. فقد أثبتت السلفوناميدات فعاليتها في مكافحة حمى الرضع والأمراض التناسلية والالتهاب السحائي في النخاع الشوكي والالتهاب الرئوي.

وعلى أية حال لم تكن السلفوناميدات فعالة في مكافحة تسمم الدم. وولد التهديد بحرب عالمية ثانية اهتماما تواقا لأن يتكرس في أبحاث عن عقاقير يمكنها الحيلولة دون الهلاك المريع الناجم عن تسمم الدم والذى حدث في الحرب العالمية الأولى. وضاعف هذا من عزيمة فلورى H.W.Florey في أبحاثه عن مشكلة المناعة الطبيعية. وفي سياق بحثه، قام بدراسة مسلك مادتين مضادتين للبكتريا اكتشفهما الكسندر فلمنج A.Fleming (١٨٨١ - ١٩٥٥).إحدى هاتين المادتين كانت اللايسيزيم Ly-sosyme[١] من الدموع البشرية، والأخرى هي البنسلين. كان البنسلين الذى اكتشفه فلمنج غير متوازن يصعب التحكم فيه[٢]، وبالتالي لم يكن بتلك الصورة التي حصل عليها فلمنج ذا قيمة عملية. فبين فلورى وتشين Chain وزملاؤهما أن العنصر المميز الذى يعطيه فعاليته لهو حمض عضوى، واستنبطوا أساليب لكي يصطنعوا منه مستحضرات متوازنه يمكن السيطرة عليها، وبهذا تحول على أيديهم إلى عقار عملي. فكان أول المضادات الحيوية.

(١) اللايسيزيم بروتين أساسي تتحلل بواسطته البكتريا، يوجد في بياض البيض، وفي دموع العين وفي الإفرازات التي تكون وظائفها من قبيل الإفرازات المخاطية. (المترجمة).

(٢) بذل العلماء والأطباء جهودا جبارة، حتى أمكن هم في النهاية أن يتوصلوا إلى الكيفية والكمية التي يعطى بها المصاب مضادا حيويا، بعد أن قضوا سنينا طويلة يرون الموت يفترس مرضاهم وهم يملكون الدواء بلا حيلة. (المترجمة).

لقد تغير وجه الطب الحديث بالسلفوناميدات والمضادات الحيوية.

توصف فعاليتها بأنها تجميد أو تثبيت أكثر منها إبادة للبكتريا والجراثيم؛ لأنها تمنع البكتريا من النمو والتكاثر،وبالتالى يعتريها الوهن فتسلك طريقا لا تملك فيه ضرا ولا أذى.

الفصل السابع عشر

الكهربـــاء

كـان للنجـاح الذى أحـرزه باراسـيلسـوس Paracelsus فى الوقـاية من المرض باستـخدام الكيمـياويات المعدنية أثره فى جذب الإنتباه للتـأثيرات الوقائية للعناصر الطبيعية غير الحية.

وقد لاحظ الإغريق القدماء أن دلك الكهرمان (مادة صمغية متـحجرة لها خاصية شمعية تعرف بالراتنج) يكسبه خـاصية جذب الريش. كذلك لاحظ الرومـان أن نوعا من الحـجارة التى توجد فى مـقاطعة مـغنيسـيا الإيطالية لهـا القـدرة على جذب قطع الحـديد. ووجدوا أن الحـديد الذى يدلك بذلك الحـجر يكتسب نفس خـاصية الجذب. علاوة على ذلك لاحظوا أن السمك الرعاد يصـيب من يلمسـه بصدمة مؤلمة. وتصور أطباؤهم أن هذه الصـدمـات قـادرة على شـفـاء مـرضى النقـرس. ومـع ذلك، فـهم لم يدركوا طبيعة هذه الصدمات وقد عرف الإنسان الأول البرق منذ تفتحت عيناه على الوجود، ولكنه كان يرتعد لمرآه.

ومن المحتمل أن يكون الأطباء السـحرة قد استـفادوا من هذه الظواهر منذ فـجـر التـاريخ، من أجل القـيـام بطقـوسـهم السـحرية. وعندمـا كـان ديفـيد ليفنجستون يقوم برحلاته الاستكشافية فى إفريقيا فى منتصف القرن التاسع عشر، تبين له أن بعض القبـائل كانت على دراية بالتـأثيرات الكهربية الناتجة عن دلك الفراء. وكان أطباؤهم من السحرة يعتقدون أن للمواد الجاذبة تأثيرات

إنسانية، تساعد الفتاة على استعادة حبيبها الذى هجرها وقد يكفى فى هذه الحالة أن تمسك الفتاة بقطعة من الحجر المغناطيسى، لترى النتائج بنفسها.

ويعود الفضل لوليم جيلبرت W.GILBERT (١٥٤٠ - ١٦٠٣) فى أنه أول من قدم عرضا وافيا للمواد ذات القوى الجاذبة فى الطبيعة قبل عام ١٦٠٠. وقد أخذ فى عرضه هذا بمنهج طبيعى خالص يعكس الرؤية العلمية الحديثة للطبيعة. فاستبعد صور الخرافة والمسائل التى تتعلق بالقوى السحرية، باعتباها «قصصا وهمية لا طائل من ورائها». وقد ألمحنا من قبل إلى جهوده فى مجال المغناطيسية. فبينما هو مشغول بالكشف عن قوى الجذب المغناطيسى، لفت انتباهه وجود قوى جاذبة أخرى مماثلة. الأمر الذى دفعه لتوسيع مجال أبحاثه ليشمل موادا أخرى مثل الزجاج والكهرمان والكبريت والماس والياقوت. فوجدها جميعها تكتسب خاصية الجذب بالدلك. وعندما وصف هذه المواد بأنها كهربية، اشتق هذا المصطلح، أى الكهرباء من الأصل اليونانى لكلمة كهرمان وهو «إلكترون» أى اللامع أو المضىء. وبالرغم من ذلك، فلم يعرف أن المعادن يمكن أن تكون كهربية بالإحتكاك. والسبب فى ذلك أنه كان يمسك المعدن المكهرب بيديه بحيث تتسرب الكهربية عن طريق جسمه إلى الأرض. ولكنه عرف أن الأجسام المشحونة تفقد شحنتها إذا تعرضت للهب أو تركت فى جو رطب. وهما ظاهرتان على جانب كبير من الأهمية.

بعد ذلك، تقدمت المعرفة بالكهرباء خطوة كبيرة إلى الأمام على يد العالم الألمانى فون جيوريك O.V.Guericke (١٦٠٢ - ١٦٨٦) الذى كان محافظا لمدينة مجدبرج الألمانية. وهو أيضا الذى جهز حملة الإمدادات العسكرية للفاتح السويدى البروتستانى الملك جوستاف أودلف. وبالرغم من أن جيوريك درس الطب فى هولندا، إلا أنه كان ذا عقلية هندسية بالدرجة الأولى. ويتمثل ذلك فى اختراعه لمضخة الهواء.. ومما يؤكد ذلك أيضا اختراعه لأول آلة تقوم بتوليد الكهرباء. هذه الآلة تتكون من كرة

من الكبريت تدور بسرعة حول محورها عن طريق ذراع معينة. وبسبب الاحتكاك تتولد عليها شحنات كهربية، تتراكم شيئا فشيئا بزيادة سرعة الدوران. ومن المؤكد أن الكهرباء التى يحصل عليها من هذه الآلة، تفوق بكثير تلك التى تتولد من قطعة من المادة تمسكها بيد بينما اليد الأخرى تقوم بدلكها. وقد عرف جيوريك أن الكهرباء لا تجذب فحسب، بل وتتنافر أيضا. وقد لاحظ أنه عندما يقرب إصبعه من الكرة المشحونة، تحدث فرقعة عالية، مصحوبة بوميض مبهر. وقد اهتم ليبنتز[1] بهذه الظاهرة وبرهن علميا على أن الكهرباء تنتج الشرر. وفى عام ١٧٠٦، استكمل وال Wallبحث هذه الظاهرة وأكد على التشابه الكبير بين الفرقعة والوميض الصادرين عن القطع الكبيرة من الكهرمان. وبين صوت الرعد وما يسبقه من برق وصواعق وكانت تلك هى أول اشارة إلى الطبيعة الكهربية للبرق.

ومنذ ذلك الحين والأبحاث فى ميدان الكهرباء لم تنقطع. فقد كشف ستفين جراى S.gray (١٦٦٦ - ١٧٣٦) عن أن التأثيرات الكهربية يمكن أن تنتقل عبر خيط من القطن طوله ٨٦٦ قدما، معلق من طرفيه بقطبين من الحرير. وكان ذلك هو أول تصور لما سيعرفه العالم فيما بعد بالتلغراف. وعرف الفرق بين المواد الموصلة للتيار والمواد غير الموصلة. كذلك تمكن من كهربة الماء. أى جعله موصلا للكهرباء عن طريق فقاعات الصابون المشحونة. وقد لاحظ جراى أن المعادن المشحونة تصدر عنها حزم ضوئية لا ترى إلا فى الظلام. وكان ذلك بمثابة التفسير العملى لظاهرة التفريغ الفرجونى، التى نشاهدها أثناء العواصف الرعدية من فوق صوارى السفن أو أعلى المنازل، والتى كانت تسمى أحيانا بـ «نار القديس إلمو».

(١) جـ - ف ليبنتز، عالم رياضي وفيلسوف ألماني (١٦٤٦ - ١٧١٦). اشتهر بمذهبه الفلسفي المعروف بالموناىولوجيا أو مذهب الذرات الروحية. وهو يتفق مع تصور الكهرباء حينئذ بأنها مكونة من ذرات مشحونة. (المترجم)

وبناء على الأبحاث السابقة، استحدث ف. هوكسبى F.Hawkasbee آلة كهربية متطورة، استبدل فيها بكرة جيوريك الكبريتية كرة مجوفة من الزجاج. وفى عام ١٧٠٩ أعلن أن تفريغ أى تجويف زجاجى من الهواء، وفى نفس الوقت شحنه بالتيار الكهربى، يجعله يتوهج بضوء ساطع. وكان هذا الكشف إيذانا بمولد المصباح الكهربى. ثم تحقق ذلك فعلاً فى ألمانيا عام ١٧٤٤، حينما اقترح جرومرت Grummert استخدام أنابيب زجاجية مفرغة من الهواء للإضاءة داخل المناجم. وأطلق عليها اسم «مصابيح الملك أغسطس». وفى عام ١٧٥٢ استطاع واطسون تصنيع أنبوبة مفرغة طولها ٣٢ بوصة، تعطى ضوءاً ثابتا. وكان مشنبروك Muss-chenbroek قد تمكن قبل ذلك بقليل، أى عام ١٧٤٥، من اختراع وعاء ليدن المشهور فى هولندا، والذى يعرف بالمكثف الكهربى والمكثف جهاز بسيط يمكنه تخزين شحنات كهربية عالية. وعن طريقه يمكننا أن نستحدث صدمات كهربية قوية فى أى وقت نشاء.

ولعلنا لاحظنا أن ما عرضناه من دراسات عن الكهرباء كانت تقوم على الوصف، دون التعمق فى الأساس النظرى عن طبيعة الكهرباء. ومن هذه الناحية يعتبر بنيامين فرانكلين[1] B.Frankin (١٧٠٦ - ١٧٩٠) هو أول عالم يتطرق ببحوثه إلى حقيقة الكهرباء، وهو فى نفس الوقت أيضا أول عالم كبير يولد فى أمريكا ويحمل جنسيتها. وفى سن الأربعين،كان فرانكلين قد استطاع تكوين ثروة لا بأس بها من اشتغاله بالنشر. هذه الثروة برغم تواضعها كانت كافية لتوفير الفراغ اللازم لمواصلة بحوثه العلمية. وقد استخدم فرانكلين فى بحوثه مجموعة من الأجهزة العلميةكانت قد أرسلت إلى فيلادلفيا من قبل. وقصد من هذه البحوث الوصول إلى نظرية شاملة تفسر كل مشاهداته. وأخيرا انتهى إلى أن

(١) كاتب وعالم ومخترع أمريكى اشتغل بالسياسة فترة من حياته وتقلد العديد من المناصب الدبلوماسية. (المترجم).

الكهرباء لا تتولد بالإحتكاك. وإنما هى «فى الحقيقة عنصر يتخلل المواد الأخرى وينجذب بها». وميز بين نوعين من الكهرباء هما الكهرباء الموجبة التى أشار إليها بالرمز +، والكهرباء السالبة التى أعطاها الرمز – . ولما كانت الكهرباء تنتقل من الموجب إلى السالب، فقد وصفها بأنها شىء متحرك ذهابا وإيابا وغير قابل للفناء. وهى توجد بكميات محددة قابلة للحساب الرياضى.

علاوة على ذلك، برهن فرانكلين على أن القوة الكهربية الموجودة بوعاء ليدن والتى تسبب الصدمة الكهربية، هذه القوة «كامنة داخل الوعاء الزجاجى». وبرغم بساطة هذه الملاحظة، فقد كانت وراء ما يعرف بكشف فاراداى. ويتخلص هذا الكشف فى أن تأثير المجال الكهرومغناطيسى ينحصر فى الدائرة المكانية المحيطة بالموصل. وقد ساعد ذلك بدوره على اكتشاف موجات الراديو. وقد استحدث فرانكلين مصطلح «البطارية» ليصف به متوالية من أوعية ليدن المتصلة ببعضها من أجل تكبير الطاقة الكهربية. ويرجع الفضل لفرانكلين فى اختراع محرك كهربى صغير يمكنه أن يدور لمدة نصف ساعة بالشحنة المختزنة فى بطارية ليدن.

وقد تصور الكهرباء على أنها تيار من الجسيمات الدقيقة المتدفقة عبر الموصلات المعدنية، دون مقاومة تذكر. وشرح الشكل المروحى لفرشاة التفريغ الكهربى باعتبارها الشكل الملائم للتنافر بين الكهرباء الموجبة والكهرباء السالبة. وقد مكنته أبحاثه على التفريغ الكهربى بالنسبة للموصلات المعدنية المشحونة ذات الأطراف المدببة، إلى إختراع مانعة الصواعق. ذلك الاختراع الذى كان له أكبر الأثر فى نفوس الناس. فبالإضافة إلى أهميتها البالغة فى حماية المبانى ومخازن الذخيرة من الصواعق المدمرة، فإنها جسدت قدرةالإنسان على السيطرة على قوى الطبيعة الرهيبة. وهل هناك ما هو أشد رهبة فى نفوس الناس وإثارة لفزعهم منذ أقدم العصور من الصواعق! وكانت لفرانكلين فى هذا الشأن تجربة مشهودة، هى تجربة الطائرة الورقية (تجربة الحدأة)، استطاع عن

طريقها إجتذاب الشحنة الكهربية من إحدى السحب الرعدية. فبرهن بذلك على أن هذا النوع من السحب والمعروف بالسحب الركامية عادة ما يكون ذا شحنة سالبة. وبرغم سذاجة هذه التجربة، فقد ظلت لأكثر من مائة وسبعين عاما تمثل المعلومة الوحيدة عن السحب الرعدية التى تتصف بالدقة واليقين.

أما فيما يتعلق بالاستخدامات الطبية للكهرباء، فقد بدأت من المشاهدات العادية لتأثير الكهرباء على أجسام الناس والحيوانات. وفى بعض الأحيان كانت الكهرباء الناتجة عن السحب أو أوعية ليدن أو حتى المولدات الكهربائية، تستخدم فى إحداث صدمات كهربية لعلاج مرضى الشلل.

وقد جرت محاولات عديدة للكشف عن الكيفية التى تحدث بها الكهرباء تأثيرات معينة فى الكائنات الحية. وكان من بين المجربين الذين اهتموا بهذه الأبحاث، عالم التشريح الإيطالى المولود فى بولونيا لويجى جالفانى[1] (١٧٣٧ ـ ١٧٩٨). وقد تركزت اهتمامات جالفانى حول الطريقة التى يتحكم بها الجهاز العصبى فى الجسم الحى. من أجل ذلك،كان فى تجاربه على الضفادع يستثير أعصاب أرجلها بالضغط عليها بمبضع معين من المعدن. فوجد أن الأعصاب تؤدى إلى تقلص العضلات. وفى عام ١٧٨٠، تصادف أن رجلا كان يقوم بتوليد الكهرباء فى معمله عن طريق مولد كهربى، فى نفس الوقت الذى كان فيه جالفانى يقوم بتجاربه بلمس أرجل الضفدعة بقطعة معدنية. فلاحظ أن أقل لمسة من القطعة المعدنية على العصب، والتى لم تكن من قبل تحدث أثراً يذكر ، أصبحت تسبب رفسة عنيفة من رجل الضفدعة. وتشبث جلفانى بهذه الملاحظة، ودرسها بإمعان لمدة أحد عشر عاما. وقد استخلص من دراسته أن الكهرباء بعامة، والناتجة عن مانعة الصواعق بخاصة تسبب رعشة شديدة فى رجل الضفدعة. علاوة على ذلك، أحضر الضفدعة وثبت

(١) لويجى جالفانى عالم فسيولوجى إيطالى كشفت أبحاثه عن إمكانية تولد الكهرباء من التفاعلات الكميائية. (المترجم)

(٢) هذه النتيجة خاطئة علميا فاختلاج عضلات رجل الضفدعة هو بسبب الكهرباء الناتجة عن فرق الجهد بين الحديد والنحاس. (المترجم)

عضلات أرجلها على سياج حديدى فى حديقته، ثم ثبت العصب المتحكم فى هذه العضلات بخطاف نحاسى. فوجد أن رجل الضفدعة تختلج بشكل ملحوظ. واستدل من ذلك أن الكهرباء تتولد من أنسجة الحيوان. وأطلق عليها اسم «الكهرباء الحيوانية»(١).

وقد لفتت هذه التجارب انتباه إليساندرو فولتا(١) A.Volta (١٧٤٥ - ١٨٢٧). غير أن اهتماماته لم تكن تتعلق بالجانب الحيوانى من الكهرباء، بل بالجانب الفيزيائى فحسب، فابتكر أجهزة أكثر تطوراً وحساسية. واستخدمها فى تحليل تجارب جالفانى. فتبين له أن الكهرباء لا تأتى من الحيوانات، بل من المعادن، وأن اختلاج رجل الضفدع يعود إلى أنها قامت بدور الكشاف الكهربى الذى يدلنا على مرور التيار الناتج عن تلامس معدنين مختلفين. ولكى يتحقق من صدق تفسيره هذا، وضع رقيقة من القصدير على الطرف الأعلى للسانه. بينما وضع قطعة من العملة الفضية أسفله. ثم أوصل بينهما بسلك دقيق. فشعر بطعم لاذع وثابت على لسانه. وهكذا جعل إليساندرو من نفسه أداة لكشف سريان التيار الكهربى. واستطاع أيضا أن يحدد شدة وانتظام التيار الكهربى وكذلك اتجاهه عن طريق تحديد موضع الطعم اللاذع. وما لبث أن أعاد تصميم ما حدث داخل فمه على هيئة جهاز يتكون من رقائق متوالية من الزنك والنحاس تفصل بينها عوازل من اللباد المشبع بحامض مخفف. ثم قام بتجميع هذه الأجزاء فى بطارية تعطى تيارا قويا وثابتا. وهكذا ولدت بطارية فولتا المشهورة. ونشرت الجمعية الملكية بلندن وصفا دقيقا لها عام ١٨٠٠. وذاع صيتها فى لندن حتى قبل نشر أوصافها. وكشف نيكلسون وكارلس أن التيار الكهربى الناتج عنها يمكنه تحليل الماء.

(١) الكونت إليساندرو فولتا عالم فيزيائى إيطالى له أبحاث معروفة فى الكهرباء. واعترافا بفضله سمى الجهاز المستخدم فى قياس شدة التيار باسمه، وهو «الفولتامتر». كذلك يعتبر اسمه هو وحدة قياس فرق الجهد. (المترجم).

وفى عام ١٨٠١. استقبلت لندن صبيا موهوبا تبدو عليه سيماء العبقرية والنبوغ. ذلك هو همفرى دافى H.Davy (١٧٧٨ ـ ١٨٢٩). وسرعان ما نشأت بينه معه والدته وبين جريجورى الكيميائى المرموق وابن جيمس واط صداقة عميقة. وكانا يقطنان معا فى نفس المنزل. وقد زكى آل واط دافى عند الدكتور بيدوس البريستولى، فاتخذه مساعدا له. وكان من المعجبين باكتشافات بريستلى. الأمر الذى جعله يواصل الأبحاث الخاصة بمعرفة الآثار الطبية الناتجة عن استنشاق الغازات.

ومن خلال تعاونه مع الدكتو بيدوس، بدأ دافى أبحاثا قيمة عن الخصائص الفسيولوجية لغاز أكسيد النتيروز. فوجد أن الذين يستنشقونه يغرقون فى الضحك، والذى من أجله سمى بالغاز المضحك، فضلا عن ذلك كانت له القدرة على إزالة آلام الأسنان نهائيا. وهكذا بدأ اكتشاف التخدير فى الطب. وذاع صيت دافى. وكون لنفسه مكانة علمية رفيعة فى فترة وجيزة لا تتجاوز ثمانية عشر شهرا. والتحق بالمعهد الملكى بلندن. وتابع بشغف الأبحاث الكهربائية الجديدة. واستخدم بطارية فولتا فى تحليل كربونات الصوديوم وكربونات البوتاسيوم، اللذين كان الإعتقاد أنهما عنصران بسيطان. وأسفرت أبحاثه عن إضافة معدنين جديدين إلى قائمة المعادن هما معدن الصوديوم ومعدن البوتاسيوم. وتتابعت كشوفه العلمية، فتوصل إلى نوع من الضوء المبهر عرف فيما بعد بالقوس الكهربى. ثم استخدم نفس نظرية القوس الكهربى فى تصميم الأفران عالية الحرارة، والتى تحمل اسم أفران القوس الكهربى.

وقد دلت بحوث دافى على وجود علاقة بين الكهرباء والمادة. فلا شك أن قوة الجذب الكيميائى هى قوة كهربية(١). ومن ذلك استدل على أن بعض المعادن يجب أن يتولد عنها تيارات كهربية وهى فى باطن الأرض. ثم أمكنه الاستفادة من هذه الحقيقة فى تحديد مواضع المعادن فى

(١) أى القوة التى تربط الذرات ببعضها فى العناصر أو المركبات. فإذا فقدت هذه القوة بالتحليل الكهربى تحولت المادة إلى مكوناتها الذرية البسيطة (المترجم)

الطبيعة استنادا إلى قياساتها الكهربية. وما تزال هذه التكنولوجيا التى تعتمد على الذبذبات الكهربية الصادرة من الأرض، هى الأسلوب الأمثل فى عمليات التعدين والتنقيب عن البترول حتى اليوم. وحيث أن التيار الكهربى يستطيع نقل المواد الكهربية، فقد تصور دافى أنه من الممكن أن يستخدم بنفس الكيفية لتخليص الجسم الإنسانى من المواد الضارة. وقد أمكن تطوير هذا المفهوم عمليا للاستفادة به فى الأغراض الطبية.

أما التطوير الهام التالى، فقد تحقق على يد أورستد H.e Orsted (١٧٧٧ - ١٨٥١) الذى توصل عام ١٨١٩ إلى أن التيار الكهربى يمكنه تحريك إبرة مغناطيسية. وفى كل مكان، حاول العلماء الاستفادة من هذا التأثير فى الحصول على دوران مستمر من الكهرباء. أي اختراع محرك كهربائي. وأخيرا نجح أحد الساعدين فى معمل دافى فى تحقيق هذا الحلم، واخترع المحرك الكهربائى، وهو مايكل فاراداى M.Faraday (١٧٩١ - ١٨٦٧). وشرح هذا الإختراع فى كتابه الذى صدر عام ١٨٢١ بعنوان «الدوران الكهرومغناطيسى».

وبعد أن تمكن العلماء من الحصول على المغناطيسية من الكهرباء، حاولوا أن يفعلوا العكس. أى أن يحصلوا على الكهرباء من المغناطيسية. وكان ذلك ما فعله فاراداى عام ١٨٣١ عندما برهن على أن تحريك مغناطيس داخل ملف يؤدى إلى توليد الكهرباء فى هذا الملف. وأن شدة التيار المتولد تتناسب مع الحركة النسبية للمغناطيس داخل الملف. وبالرغم من وضوح البرهان، فقد كان من الصعب تنفيذه تجريبيا لأن الإبرة المغناطيسية تظل ساكنة فى وضع ثابت مادام التيار المار فى الملف منتظما. وباعتبار أن كل ما يمكن ملاحظته حينئذ هو مجرد السكون التام، لذلك فشل العلماء التجريبيون فى البرهنة على أن التيار الكهربى يتحرك، ونظرا لأن الكهرباء لا يمكن مشاهدتها مباشرة بالطبع. وكان للدور الذى قامت به الحركة النسبية فى إيجاد ظواهر كهرومغناطيسية أثره فى اكتشاف نظرية النسبية[1].

(١) مصطلح «الاكتشاف» ليس بالمصطلح المناسب للتعبير عن النظرية العلمية. فالنظرية هي جهد عقلي خالص يقصد به تفسير عدد من القوانين الصادقة بالنسبة لمجال معين من الطبيعة.

وقد وجد فاراداى نفسه فى نقطة وسط بين مجموعتين من التجارب الخاصة بمرور التيار خلال السوائل. وقد ساعده ذلك على وضع كثير من التعريفات الدقيقة عن هذا الموضوع. وبمساعدة وليم ويويل[1] W.Whewell (١٧٩٤ ـ ١٨٦٦) طرح عددا من المصطلحات الهامة فى مجال الصلة بين الكهرباء والمحاليل الكيميائية. منها التحليل الكهربى Electrolysis والسائل الإكتروليتى Electrolyte، أى المحلول الموصل للتيار الكهربى أو الذى ينحل به. والقطب الكهربى Electrode، والمصعد anode. والمهبط Cathode. واشتق كلمة أيون Ion ليعبر بها عن الذرات المشحونة للعناصر المكونة للمحاليل الإلكتروليتية. وتوصل إلى النسبة الدقيقة لترسيب العناصر المختلفة الداخلة فى التحليل الكهربى عن طريق تيار ثابت. وأثبت أن هناك علاقة طردية بين كمية العنصر المترسب، وبين كمية التيار المستخدم فى التحليل. هذه الكمية الكهربية تقاس بشحنة الالكترون، كما أشار إلى ذلك هلمهولتز H.Helmholts (١٨٢١ ـ ١٨٩٤) بعد ذلك بسبعة وأربعين عاما، وبالرغم من أن فاراداى كان الأسبق إلى اكتشاف الوحدة الأساسية للكهرباء. إلا أنه أبى أن يعترف بأنها ذرة الكهرباء. فقد كان ـ مثل دافى ـ شديد التحفظ فى استخدام مصطلح الذرة، لأنه فيما يقول «كان من الصعب تكوين فكرة واضحة عن طبيعتها بالرغم من شيوع استخدامها»[2].

=ويتم ذلك بالاستعانة بعدد من المفاهيم النظرية أو الإبداعية الخالصة التي لها القدرة علي تحقيق التفسير الشمولي. ومن ثم، فالنظرية لا تكتشف مدام ليس لها وجودا من قبل. بل تبتكر أو تخترع شأن كل عمل مبدع يقوم به العقل الإنساني. (االمترجم).

(١) ويويل ايضا فيلسوف علم بارز ومن أوائل فلاسفة المنهج التجريبى الذين اكدوا على عقم وقصور فكرة التجريب ثم التعميم المباشر. ويعتبر رائداً للنظرية المنهجية المعاصرة: المنهج الفرضى الاستنباطى الذى يؤكد على قيمة الفرض وأسبقيته فى البحث التجريبى. (المترجم)

(٢) كان العلماء فيما بين القرن السابع عشر ومنتصف القرن التاسع عشر، يتحرجون من استخدام المفاهيم العلمية غير التجريبية، مهما اثبتت من نجاح فى التفسير أو التنبؤ العلمى. ويرجع ذلك لأسباب تتعلق بسوء استخدام الفروض اللاهوتية والميتافيزيقية خلال العصور

وفى عـام ١٨٥٥، واسـتنادا إلى النتـائج التى انتـهت إليـهـا بـحـوث فـارادى، بدأت بحـوث جيـمس كـلارك مـاكسـويل J.c Maxwell (١٨٣١ ـ ١٨٧٩) عن الموجـات الكهـرومـغناطيـسـيـة، ورأى أن وصف فـاراداى للتفاعلات بين الكهرباء والمغناطيسية تفتقر إلى الدقـة. فأعاد صياغة العلاقـات بين هذين المجـالين على هيئـة مـعـادلات رياضـيـة.ثم أكد أن الموجات الكهرومغناطيسية التى لا تختلف عن موجات الضوء العادى إلا فى الطول الموجى فـحـسب، موجـودة وجـودا حـقيـقـيا. ثم أثبت هرتز H.Hertz (١٨٥٧ ـ ١٨٩٤) عـام ١٨٨٧، أن هذه الموجات، التى هى موجات الراديو موجودة بالفعل دونما أدنى شك.

ولكن الأهم من ذلك، أن مـاكسـويل لفت الأنظار إلى مسـألة لم يتطرق إليـها أحد من قبله وهى علاقة سرعة الضـوء بسرعة مصـدره. بمعنى أنه طالما أن الموجـات الكهرومـغناطيسية هـى نوع من الموجات الضـوئية التى تنتشـر بسرعة معينة، فلابد أن هناك علاقة مـا بين سرعة انتشـار الضوء، وبين سـرعة حركـة المصـدر وإتجاهـه. هذا السؤال وجد إجابته عند اثنين من العلماء الأمريكيين المعاصرين هما ا.ا مايكلسون (١٨٥٢ ـ ١٩٣١)، ا. ومـورلى (١٨٣٨ ـ ١٩٢٣) عن طريق تجـربة حـاسـمـة أزالا بـهـا اللبس عن هذه المسـألة الملـغزة. وقد اسـتـخلصـا من تجـريتـهـمـا أن سـرعـة الضـوء لا تتأثر بسرعة المصدر أو اتجاهه. وأخيرا جاء ألبرت إينشتاين A.Einstein (١٨٧٩ ـ ١٩٥٥) فـألقى ضـوءا سـاطعـا على هذه النقطة فـى نظريتـه فى النسـبـيـة. هـذه النظرية تـعـتـبـر بمثـابة الرؤية الجـديدة للكون تقـوم على مـراجـعـة شـاملة وعـمـيـقـة لمفـاهيم المكان والزمـان فى فـيـزياء نيـوتن الكلاسيكية.

وفى حين فتحت بحوث فـاراداى عن الموجات الكهرومغناطيسية آفـاقا واسعة بـالنسبـة لموجات الراديو ونظرية النسبية. كذلك مهدت بحوثه عن التحليل الكهربى للمحاليل الكيميائية لتحقيق نتائج مثمرة فى اتجاه آخر

مكمل للإتجاه الأول. فبعد انتهائه من بحوثه عن مرور التيار خلال السوائل، اتجه لدراسة مرور التيار خلال الغازات. ومن بعده جاء بلوكر J.Plucker (١٨٠١ ـ ١٨٦٨) فسار في نفس الطريق، حيث توصل عام ١٨٥٨ إلى ما يعرف اليوم بأشعة المهبط. واستمرت البحوث في هذا المجال طوال العشرين عاما التالية. وبالرغم من أهميتها فلم تؤد إلى نتائج حاسمة، حتى حول هرتز أنظار العلماء إلى كشفه العظيم عن موجات الراديو عام ١٨٨٧ . وقد استغرق هرتز نفسه في دراسة أشعة المهبط. ووجد أنها قادرة على اختراق الرقائق المعدنية. ولما كان الشك يساوره حول قدرة الجسيمات المشحونة على اختراق المعادن، فقد ذهب إلى أن أشعة المهبط لابد وأن تكون موجات وليست جسيمات.

وفي عام ١٨٩٤، أثبت طومسون J.J.Thomson أن أشعة المهبط يستحيل أن تكون موجات كهرومغناطيسية لأن سرعتها ضئيلة جدا لا تتجاوز جزءا من عشرين جزء من سرعة الضوء (حوالى ١٥٠٠٠ كم/ث). وبعدها بعام واحد أي عام ١٨٩٥، جاء الكشف الثوري عن الأشعة السينية، من ملاحظة رونتجن K.Rontgen (١٨٤٥ ـ ١٩٢٣) من فيرسبرج أن بعض أفلام التصوير المغلفة بعناية وغير المستعملة قد تكونت عليها آثارا ضبابية. ولم يكن هناك من الأسباب ما يدعو للاعتقاد بأنها أفلام رديئة. إذن فلابد أن هناك سببا آخر. وذهل رونتجن حينما تبين أن الأنابيب المفرغة من الهواء والمشحونة كهربيا تنبعث منها إشعاعات ذات قوة خرافية بحيث يمكنها اختراق الأفلام برغم الغلاف الذي يحيط بها. وأنها هي التي أحدثت بها الآثار الضبابية. وفي غضون أسابيع معدودة، وفي نطاق من السرية التامة، كان رونتجن قد غطى بأبحاثه كل جوانب هذه الظاهرة، ودون أن يخبر زوجته بشيء عن طبيعة أبحاثه. واستطاع أن يستخلص بشكل دقيق كل خصائص الأشعة السينية. ومن أهمها قدرتها على تأيين الهواء. أي جعله موصلا جيدا للكهرباء.

وما إن وضع طومسون يده على خصائص الأشعة السينية، حتى سارع هو وتلميذه رذرفورد E.Rutherford (١٨٧١ ـ ١٩٣٧) بالاستفادة منها فى تجاربهما. فوجدا أنه من السهل جعل الغازات موصلة جيدة للتيار فى الأنابيب المفرغة من الهواء عند ضغط ٣٠٠ فولت فقط، وذلك بمساعدة الأشعة السينية. هذه الحقيقة ساعدته كثيرا فى تجاربه، حتى أنه بحلول عام ١٨٩٧، استطاع أن يثبت أن الأشعة السينية تتكون من جسيمات مشحونة كتلتها تساوى جزءا من ألف جزء من كتلة ذرة الأيدروجين. وحيث إن هذه الجسيمات أو - والمعنى واحد - الإلكترونات موجودة فى كل العناصر. إذن فهى تمثل جزءا من تكوين ذرات هذه العناصر. وهدا يعنى أن الذرة لابد وأن يكون لها بنية معينة. وهكذا بدأ عصر الألكترونيات والبنية الذرية.

وقد شجع اكتشاف الأشعة السينية على البحث عن أنواع أخرى من الأشعة المماثلة. وتصدى لهذه المهمة عالم المعادن الفرنسى بيكرل H.Becquerel(١٨٥٢ ـ ١٩٠٩) الذى كان معاونا للعالم الرياضى الفرنسى هنرى بوانكاريه(١). ففى أثناء فحصه لمجموعة من المعادن أعلن عام ١٨٩٦ عن كشف هام هو أن معادن اليوارنيوم تنبعث منها اشعاعات شبيهة بالأشعة السينية. أى أن لها القدرة على اختراق أغلفة أفلام التصوير وإفسادها. وكان ذلك إيذانا ببداية أبحاث النشاط الإشعاعى.

وفى نفس الإتجاه أسفرت بحوث بييركورى P.Curie (١٨٥٩ ـ ١٩٠٦) وزوجته مارى كورى M.Curie (١٨٦٧ ـ ١٩٣٤) عن أن خامات اليورانيوم تحتوى فى داخلها على عنصر آخر أشد منها إشعاعا بدرجة هائلة. وفى عام ١٨٩٨، أعلنا عن اكتشافهما لعنصر الراديوم. وهكذا أصبحنا على أعتاب القرن العشرين. ذلك القرن الذى ما يزال يحمل الكثير من المفاجئات لنا.

(١) هنرى بوانكاريه (١٨٥٤ ـ ١٩١٢) رياضى وفيلسوف فرنسى. ومن أشهر الفلاسفة المعاصرين الذين اخذوا بالإتجاه الاصطلاحى فى فهمه للقانون العلمى. هذا الاتجاه يرى أن القوانين والمفاهيم العلمية هى مواضعات متفق عليها بين العلماء، يحكمها مبدا الملاءمة. أى تتصف بالبساطة الرياضية والخصوبة فى التفسير. (المترجم).

الفصل الثامن عشر

نظرية الطاقة

وضع جاليليو ونيوتن نظريتهما فى الميكانيكا من أجل وصف حركات الأجسام التى لا تتعرض أثناء حركتها إلى احتكاك أو مقاومة تذكر. مثال ذلك حركات الكواكب حول الشمس، أو حركة الكرات الزجاجية الملساء على الأسطح المائلة بالغة لنعومة. وكانت الدالة الرياضية فى الميكانيكا النيوتونية والتى تتكون من القوة والمسافة، أى «الشغل» Work تفيد فى حل جميع المسائل التى تتعلق بالحركة الحرة بلا مقاومة، سيان كانت فى السماء أو فى الأرض. وبخلاف الظن، فإن تصور الحركة الحرة لم يستلهم من داسة الكواكب المتحركة، بل من الأجسام العادية على الأرض والتى تتحرك تحت تأثير المقاومة.

ويمكننا أن نلاحظ أن الرموز والصيغ الرياضية التى نعبر بها عن الشغل الذى يبذله القمر عندما يتحرك لسافة معينة، هى عينها الرموز التى نعبر بها عن الشغل الذى نبذله حينما نرفع كمية من الفحم من قاع المنجم إلى سطح الأرض. كل ما فى الأمر أن هذه الرموز فى الحالة الثانية يكون لها مضمون مختلف، أى أننا ننظر إليها من زاوية اقتصادية من حيث هى تكلفنا جهدا،وأن لها قيمة ماليةمعينة. وهكذا،فموقف العالم الفلكى من الرموز الرياضية يختلف كلية عن موقف المهندس من نفس الرموز. فالدالة الرياضية التى تتركب من ضرب نصف كتلة الجسم فى

مربع سرعته، تفيد الفلكي في حل معادلات الحركة بالنسبة للكواكب. بينما نفس الدالة بالنسبة للمهندس تمثل مقياسا «لتراكم الشغل» والذى يمثل عنده قيمة تجارية معينة.

على هذا النحو، نستطيع القول بأن الاهتمامات التجارية أو الاقتصادية هي التي فرضت تكوين نظرة شمولية لمفهوم الطاقة Energy. وكان المحرك وراء ذلك، هو التطور الكبير الذي لحق بالآلة البخارية. ورغبة المستفيدين بها في معرفة جدواها من الناحية الاقتصادية. أي فهم العلاقة بين القوة التي تبذلها الآلة وبين كمية الوقود الذي تستهلكه. وكان استهلاك الوقود هو العامل الحاسم عند أصحاب المصنع في حساب تكلفة القوة الآلية، ومدى رخصها بالقياس إلى القوة العضلية. وهكذا كان هناك دائما ذلك الحافز على قياس جودة الأداء للمحرك الذي يقوم بتشغيل الآلة ومحاولة رفع كفاءته.

وقد اشترك جوزيف بلاك مع آخرين في القيام بخطوة رائدة في قياس درجات الحرارة بشكل دقيق. واعتمدوا في ذلك على النظرية القائلة بأن الحرارة سيال يتدفق من جسم إلى آخر. وقد كانت هذه النظرية مقبولة في ذلك الوقت لأنها قدمت بعض التنبؤات الصحيحة عن بعض الظواهر الحرارية. مثل تقدير درجة حرارة خليط من الماء الساخن والماء البارد عن طريق معرفة كمية كل منهما ودرجة حرارته. فضلا عن ذلك، فتصور الحرارة كسيال متدفق ينسجم مع المفاهيم الخاصة بالسوائل والتي تعمل الصناعة من خلالها بنجاح. والواقع أن تصور الحرارة باعتبارها نوعا من الحركة ليس بالتصور الجديد، علاوة على أن الخبرة العادية تؤيده . فنحن نلاحظ ذلك في حركة اللهب، وكذلك نشوء الحرارة عن حركة الاحتكاك. وبالرغم من كل ذلك، كان من الصعب على العلماء أن يتصوروا الحراة كنوع من الحركة وبخاصة في المراحل الأولى من الثورة الصناعية، حيث كانت الصناعة حينذاك مستغرقة في عمليات حرارية لا

صلة لها بالحركة، مثل عمليات التبخير والتقطير للمحاليل السكرية أو الملحية. وكذلك خلط كميات كبيرة من السوائل ذات درجات حرارة متقاربة. وإنما نظرية السيال الحرارى كانت هى الأكثر ملاءمة لهذه الظواهر والأبسط فى تفسيرها. غير أن صعوبات جمة كانت تنشأ عند محاولة استخدام هذه النظرية فى تفسير خصائص الآلات الحرارية.

ولقد ظلت الآلات التى تعمل بالحرارة، والتى اخترعها نيوكمن وواط New-commen & watt تعمل لأكثر من قرن دون أن تكون مبادىء تشغيلها مفهومة على نطاق واسع، والسبب فى ذلك أن كمية الحرارة التى يمتصها الماء من الفرن لكى يتحول إلى بخار، كذلك كمية الحرارة المسحوبة من مكثفات هذه الآلات، كانت ضخمة للغاية، على نحو صرف الانتباه عن الكميات الضئيلة من الحرارة التى تتحول إلى شغل ميكانيكى. علاوة على أنه كان من الصعب تقنيا عمل قياسات دقيقة لهذه الكميات الضئيلة من الحرارة بالمقارنة بمصادرها الأصلية المتمثلة فى الكميات الضخمة السابقة من الحرارة.

والحقيقة أن الكفاءة المنخفضة للآلات البخارية المبكرة، والتى أدت إلى طمس الحقائق العلمية المتعلقة بتشغيلها، هى السبب فى تضليل سادى كارنو S.Carnot (١٧٩٦ ـ ١٨٣١) فى بحوثه النظرية الأولى عن الآلة البخارية. ومع ذلك، نشر فى عام ١٨٢٤ تصورا صحيحا عن كفاءة الآلات البخارية التى تقوم بعمليات دائرية، بالرغم من أنه حتى ذلك الوقت كان من المؤمنين بالنظرية الخاطئة عن السيال الحرارى. ولكنه أدرك الطبيعة الحقيقية للحرارة قبل وفاته، باعتبارها من نتاج الحركة. وقدم أول حساب رياضى للمكافىء الميكانيكى للحرارة. وكان الرقم الذى توصل إليه هو ٣٧٠ بينما الرقم الصحيح هو ٤٢٧، وإن كنا لا نعرف كيف توصل إليه. ولكنه وجد من بين أوراقه، ونشر عام ١٨٧٨. وقد اختطف وباء الكوليرا كارنو فجأة، ولكن خلدته أعماله العلمية العظيمة فى علم الحرارة. وساهم

لارمر Larmor فى وضعه فى مكانته العلمية اللائقة به، باعتباره أعظم علماء الفيزياء فى القرن التاسع عشر.

ولاشك أن اكتساب مساندة التيار الرئيسى لاتجاه علمي معين فى عصر ما، بهدف الفهم ولتحقيق كشوف علمية، كان هو الغرض الرئيسى من بحوث ماير J.RMayer (١٨١٤ - ١٨٧٨) عن الحرارة. وماير لم يكن عالما طبيعيا بل كان طبيبا. غير أن عمله بالطب هو الذى فتح له باب البحث الفيزيائى. فقد كانت أول مهمة رسمية يتولاها بعد تخرجه كطبيب هى مرافقة سفينة هولندية متجهة إلى جزيرة جاوة بإندونيسيا عام ١٨٤٠ . ولم يفته أن يصطحب فى رحلته كل مؤلفات لفوازييه ولابلاس التى تتعلق بالحرارة وصلتها بالفسيولوجيا والتى كانت قد نشرت عام ١٧٨٠. وما أن وصلت السفينة إلى جاوة حتى فوجىء ماير بمرض البحارة. وبعد أن قام بفصدهم وجد أن دمهم له لون أكثر لمعانا مما كان عليه عندما كانوا فى أوروبا .

وبعد دراسته لأبحاث لافوازييه ولابلاس عن عملية الإحتراق البطىء فى أنسجة الجسم وما ينتج عنها من حرارة. استدل ماير أن الإحمرار الزائد فى لون الدم فى المناطق الإستوائية يعود إلى أن الجسم فى هذه المناطق الحارة لا يفقد إلا أقل القليل من حرارته. ومن ثم يكون الإحتراق داخل الخلايا شديد البطء، بحيث يحتفظ الدم الشريانى بنسبة عالية من الأكسجين الذى اكتسبه من الرئة قبل تحوله إلى دم وريدى. وهذا يفسر لم يكون الدم أشد إحمرار فى المناطق الحارة عنه فى المناطق الباردة. هذه اللمحة العبقرية النادرة هى التى اشعلت فى عقل موهوب مثل عقل ماير قبس الكشف عن مبدأ بقاء الطاقة.

وواظب ماير على دراسة تجارب لفوازييه ولابلاس عن الحرارة الناتجة عن الكائنات الحية. ورأى أنه إذا صدقت النتائج العلمية التى انتهى إليها هذان العالمان عن أن الأجسام الحية فى توليدها للحرارة تعمل وكأنها آلة

احتراق حقيقية، أذن فلابد أن يكون الشغل العضلى أو الميكانيكى الذى يبذله الجسم مساويا للحرارة المستهلكة. ولأنهما متساويان، فمن الممكن لأحدهما أن يتحول إلى الآخر. وراح يتأمل فى الظواهر الطبيعية التى تؤكد التكافؤ بين الفعل الميكانيكى وبين الحرارة. فرأى أن عملية ضغط الهواء (وهى عملية ميكانيكية) تؤدى إلى رفع درجة حرارته. فاستدل أن الشغل المبذول فى ضغط الهواء يتحول إلى حرارة فيه. وهذا يعنى أننا يمكننا أن نعتمد على نسبة الحرارة النوعية للهواء عند ثبوت الضغط والحجم كمقياس للمكافىء الميكانيكى للحرارة. ثم قدم حساباته الرياضية لهذا المكافىء، ونشرها ليبج Leibg فى جريدته الكيميائية عام ١٨٤٢.

وبالرغم من أهمية بحوث ماير عن المكافىء الميكانيكى للحرارة، إلا أن علماء الفيزياء الكبار أصروا على تجاهلها بدعوى أنها تقوم على افتراضات غير مقبولة. ثم لعدم ثقتهم فى البحوث الفيزيائية التى يقوم بها طبيب. ولكن ماير لم ييأس. وعلى العكس من ذلك قام بنشر سلسلة من النتائج التى توصل إليها عن الدور الذى يقوم به مبدأ الطاقة فى الطبيعة. ولكن، للأسف قوبلت هذه النتائج بالسخرية فى ألمانيا حتى أن هلمهولتز نفسه، والذى انتهى إلى نفس النتائج التى توصل إليها ماير، ولكن بشكل مستقل، نقول أن هلمهولتز لم يقدره حق قدره. وفى إطار هذه الحملة الظالمة من عدم الاعتراف بأبحاثه العلمية، والتجاهل التام لإنجازاته، كاد ماير البائس يصاب بالجنون. لولا أن قيض الله له باحثا شجاعا هو جون تندال J.Tyndall الذى خاض معركة حقيقية للدفاع عن هذا العالم العبقرى، والذى لم يعرفه أحد إلا بعد عشرين سنة من نشر أول أبحاثه. وكان السند الذى ارتكن عليه تندال فى دفاعه عن ماير هو النتائج العلمية التى توصل إليها كلاوسيوس R.J.EClausius (١٨٢٢ - ١٨٧٨) أول من اكتشف القانون الثانى للديناميكا الحرارية.

ولاشك أن ماير هو أول من اكتشف مبدأ بقاء الطاقة. وأنه من الممكن بناء عليه تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية أو العكس، من الناحية النظرية. غير أن تحقيق هذا المبدأ من الناحية التجريبية يعود إلى جيمس بريسكوت جول J.p.Joule (١٨١٨ - ١٨٨٩). وقد ولد جول في سالفورد من ضواحي مانشستر. وكانت تعتبر أحد مراكز العصر الصناعي الجديد. وكان أبوه يملك معملا لتقطير الخمور. لذلك عاش طفولته وصباه وسط آلات الضخ والتقطير التي تمثل نماذج كلاسيكية لتحول الحرارة إلى طاقة ميكانيكية. ولما بلغ مرحلة الشباب بعث به أبوه بصحبة أخيه لتلقى العلم على يد عالم عظيم وواحد من مشاهير عصره آنذاك وهو جون دالتون. وكان من الطبيعي أن يبدى جول اهتماما بالمولدات والمحركات الكهربائية التي كانت قد اخترعت مؤخرا.

ولم يلبث أن التقى بسترجيون W.Sturgeon (١٧٨٣ - ١٨٥٠) الذى كان في ذلك الوقت جنديا بسيطا ليس له حظ من العلم. وكان سترجيون عصاميا. فما إن انتهت خدمته العسكرية حتى استهوته البحوث العلمية. وراح يهتم بالظواهر الجوية. وجاهد بكل قوته لتثقيف نفسه واكتساب المعرفة لكي يصبح فيلسوفا طبيعيا(١). واستطاع أن يخترع المغناطيس الكهربي وعاكس التيار The Commutator الذى لولاه ما أمكننا الحصول على تيار ثابت من المولدات الكهربائية.

وقد تأثر جول بهذه الاختراعات. وبدت له وكأنها ثورة في عالم الطاقة الحركية تبشر بنوع جديد من الطاقة. بمقتضاه تحل الآلة الكهربائية محل الآلة البخارية. وتعتمد الآلة الكهربية في حركتها على قوة مجالها المغناطيسي. ولما كانت قوة المغناطيس الكهربي تتوقف على عدد الملفات التي تحيط بالقلب الحديد. فقد كان من السهل تصنيع محرك ذى قوة

(١) الفلسفة الطبيعية هي الاسم الذى عرفه به العلم الطبيعي أو علم الفيزياء حتى قرابة النصف الأول من القرن التاسع عشر. (المترجم)

هائلة بزيادة عدد لفات المغناطيس الكهربى. وفى عام ١٨٣٨، ولم يكن قد تجاوز التاسعة عشرة من عمره، نشر جول أول أبحاثه ويتعلق بتصميم محرك متعدد المغناطيسات. وكان الغرض منه التحقق من الصلة بين قوة المغناطيس وقوة المحرك. وفى نفس العام نشر مجموعة من القياسات الدقيقة عن الطاقة الحركية للمحرك. وعرف قياساته بحدود من الرطل قدم/ دقيقة. فكان أول من وضع هذا التحديد المطلق للشغل الميكانيكى الخاص بأغراض البحث العلمى الفيزيائى. ويعد ذلك نقطة تحول من أساليب التفكير فى الهندسة الصناعية إلى أساليب البحث العلمى.

ولكى يتأكد من فعالية التطوير الذى أدخله على تصميم المحركات الكهربائية، اعتمد جول على القياس الدقيق لكمية الشغل الذى يبذله المحرك فى مقابل كمية التيار المستهلك. فتوصل إلى القانون الذى بمقتضاه يمكننا أن نحدد قوة المغناطيس. وبحساب كمية الكهرباء المستهلكة عن طريق معرفة كمية المادة المترسبة بالتحليل الكهربى فى السوائل الإلكتروليتية، وجد أن استخدام التيار الثابت لبطارية ما فى تحريك المحرك، يجعل قوة المحرك تقل بزيادة سرعته. ولم يعرف سبب ذلك حتى جاءته أنباء كشف فاراداى عن الحث الكهرومغناطيسى In-duction(١). هذا الحث هو الذى يحد من سرعة المحرك، ويحول دون الوصول إلى السرعة القصوى.

هذا الكشف أكد لجول ضرورة القيام بمزيد من الأبحاث عن الحرارة التى تنبعث من المحرك أثناء دورانه. وكبداية، قام بقياس الحرارة الناتجة عن سلك يمر به تيار له قوة معينة. وتوصل إلى القانون الخاص بعلاقة الفقد الكهربى بالحرارة. وفى عام ١٨٤١، وعندما كان فى الثالثة والعشرين من عمره، نشر شرحا وافيا لمجموعة من التجارب الخاصة بالعلاقة بين قوة

(١) الحث الكهربى هو: العملية التى يستطيع بها أى جسم ذى خصائص كهربائية أو مغناطيسية أن ينقل نفس الخصائص إلى جسم مجاور له دون إتصال مباشر بينهما. ويؤدى ذلك غالبا إلى فقد بعض من الطاقة. (المترجم)

دوران المحرك الكهرومغناطيسى وبين الحرارة الداخلة والخارجة منه. ومن هذه التجارب أنه أحضر أنبوبة من الماء له درجة حرارة معلومة. وبعد تحريك الماء بقوة كبيرة عن طريق محرك كهربى قام بقياس درجة حرارته، فوجدها لم تزد إلا بمقدار ١/١٠ درجة فهرنهايت فحسب.

وفى تفسيره لهذه النتيجة، ذهب إلى أن الحرارة المتولدة من المقاومة الكهربية تتناسب مع حاصل ضرب المقاومة فى شدة التيار. ثم تبنى ما أطلق عليه «معدل المقاومة». وقد انتهت به أبحاثه عن التفاعل الكيميائى الناتج عن تمرير التيار فى محلول الكتروليتى، وما ينتج عنه من حرارة، وكانت تلك هى الطريقة المستخدمة حينذاك لقياس شدة التيار، نقول انتهت به هذه الأبحاث إلى معرفة العلاقة بين شدة التيار المستخدم فى التحليل وبين عدد الذرات أو - والمعنى واحد - عدد الأيونات المتحررة داخل المحلول. واستدل من الحرارة الناتجة من تشغيل الآلات التى تعمل بالكهرباء أن الحرارة هى نوع من النبنبة أو التردد بمعنى أن الحركة السريعة للملف داخل الأقطاب المغناطيسية هى سبب الحرارة. فإن صح ذلك، فلن تعدو الحرارة حينئذ أن تكون ضربا من التحول من نوع من الحركة إلى نوع آخر.

بعد ذلك إتجه جول لقياس القوة اللازمة لتشغيل الآلة الكهربية المغناطيسية عن طريق تثبيت أثقال بسلك يدور حول محور الآلة، وبمعرفة المكافىء الحرارى للتيار الناتج عن الآلة، جنبا إلى جنب مع القياس الدقيق للطرق أو المنافذ المختلفة التى يمكن أن تفقد بها الحرارة أو تستهلك. وجد أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة مئوية، تكافئ القوة الميكانيكية التى تستطيع رفع ٨٩٦ أوقية لمسافة قدم واحد عموديا على الأرض. وفى هذا المجال، كانت له تجربة مشهورة إحضر فيها بدالاً يتحرك فى الماء بشكل سريع ليعرف كيف وبأى مقياس تتحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية. ثم قاس

الارتفاع فى درجة الحرارة الناشئ عن الاحتكاك. وتوصل إلى التقدير الأكثر دقة وهو ٧٨٢ أوقية. وكان يعتقد أننا «فى يوم ما سنستطيع أن نعرض كل ظواهر علم الكيمياء على هيئة معادلات رياضية دقيقة. وأن نعتمد عليها فى التنبؤ بوجود المركبات الجديدة مقدما، وكذلك خصائصها». وفى عام ١٨٤٤ توصل إلى أن «الحراراة النوعية لجسم ما تتناسب مع حاصل قسمة العدد الذرى لهذا الجسم على وزنه الذرى». وهذا يعنى أن «الصفر الحرارى أو المئوى ليس إلا ٤٨٠ درجة فهرنهيت تحت نقطة التجمد». وهكذا توصل جول إلى الصفر المطلق بطريقة صحيحة، تصوراً وتقويماً.

وقد عرض جول النتائج التى توصل إليها فى عديد من المؤتمرات العلمية. غير أنها كانت تقابل بالشك. حتى كان عام ١٨٤٧، حينما تحدث أمام الجمعية البريطانية فى اجتماع أكسفورد وكان من بين الحضور وليم طومسون W. Thomson (١٨٢٤ ـ ١٩٠٧) والذى كان قد عين حديثا أستاذا بجامعة جلاسجو وسنه لم يتجاوز الثانية والعشرين. وقد حضر هذا الاجتماع خصيصا من أجل أن يرصد أخطاء جول. ولكن بعد أن استمع إلى محاضرته تحول عن موقفه. وأصبح بالنسبة لجول ما كانه كلارك ماكسويل بالنسبة لفاراداى. وبحلول عام ١٨٥١ أصبح طومسون مقتنعا تماما بأن أبحاث جول تسير فى الطريق الصحيح. ورأى أنه من الممكن ربط هذه الأبحاث بدائرة كارنو على أساس مبدأ بقاء الطاقة، وكذلك الحقيقة القائلة بأن الحرارة هى نوع من الحركة. وهكذا، أسس طومسون بشكل مستقل، الديناميكا الحرارية كعلم جديد. وكان كلاوسيوس قد توصل إلى نفس العلم فى ألمانيا قبل ذلك بعام.

ولكن المستوى الذى بلغه العلم فى ألمانيا فى ذلك الوقت، كان أدنى من مثيله فى إنجلترا، بحيث لم يستطع أن يستوعب هذه الحقائق الجديدة. ولم تؤت أعمال كلاوسيوس ثمارها إلا بعد الطفرة العلمية والصناعية التى حققتها ألمانيا فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر. هذا

المستوى الرفيع علميا وصناعيا والذى استفاد من جهود كلاوسيوس، دفع بالديناميكا الحرارية فى ألمانيا خطوات واسعة فاقت بها إنجلترا بمسافة بعيدة. وعندئذ ظهر ماكس بلانك M. Planck (١٨٥٨ ـ ١٩٤٧) على المسرح العلمى بمفاجأته المذهلة عن الطاقة. بمعنى أن الطاقة لا تنتقل على هيئة متصلة، بل بشكل منفصل أو متقطع. وعلى وجه التحديد، فإن الطاقة توجد وتنتقل على هيئة وحدات صغيرة ومحددة بلا زيادة ولا نقصان. وأطلق عليها بلانك اسم الكمات أو الكوانتا Quanta. وهكذا عرف العالم نظرية الكوانتم. تلك النظرية التى تعتبر أعمق وأدق نظرية معاصرة تتناول مسألة الطاقة.

فإذا رجعنا إلى إنجلترا مرة أخرى، سنجد أن طومسون قد استفاد بالعلم الجديد عن الديناميكا الحرارية فى تفسير كثير من الظواهر الطبيعية. ومن بينها الظاهرة التى تتعلق بالتفريغ الكهربى من وعاء ليدن، وما يتصف به من طبيعة متذبذبة. وقد سجل طومسون بحثا كان هو نقطة البداية فى التطوير الرياضى الذى أدخله ماكسويل على النظرية الكهرومغناطيسية وهو الذى قاد فى النهاية إلى الكشف التجريبى عن موجات الراديو. وكان الاعتقاد آنذاك أن الذبذبات الكهربية فى الوسط المفرغ من الهواء هى السبب فى حدوث موجات الراديو فى الفضاء.

وبتعاون طومسون وجول فى بحوثهما التجريبية، توصلا إلى أن تمدد الغازات له تأثير تبريدى، ناشئ عن انفصال جزئيات الغاز عن بعضها البعض، وذلك لافتقارها للحد الأدنى من الجاذبية التى تضمها إلى بعضها البعض، وقد ساعد هذا الكشف فى عمليات إسالة الهواء، وأصبح هو القاعدة العلمية لصناعة الأكسجين السائل، وكذلك كل الصناعات الخاصة بالتبريد.

وقد كان طومسون، والذى أصبح فيما بعد اللورد كالفن، متعدد المواهب. فقد تكشفت عبقريته النظرية فى مجال البحث العلمى، وكذلك

عبقريته العملية خاصة بالنسبة لاختراع الأجهزة الميكانيكية. ولد فى بلفاست. وفى سن العاشرة أصبح طالباً بجامعة جلاسجو. وبعد فترة قصيرة من انتخابه عضوا بهيئة التدريس بنفس الجامعة عام ١٨٤٦، قدم بحثا نظريا أوضح فيه أننا نستطيع أن نصل إلى فهم أدق للقوى الكهربائية والقوى المغناطيسية إذا تمثلناها كنوع من التشوش أو التداخل الذى يحدث للأجسام المرنة. وقد أدرك أن هذا التصور هو مفتاح اكتشاف التكوين الكهرومغناطيسى للمادة. غير أنه لم يتوصل إلى النظرية بالفعل. وإنما كان ذلك من نصيب ماكسويل فيما بعد.

وقد اكتسبت الكهرباء أهمية كبيرة بعد تصميم وتشغيل كابلات الأطلنطى[١]. واهتم طومسون بهذه الكابلات. وتعمق فى الأسس الكهربية التى تحكم تصميمها. وأوضح أنه بناء على الكثافة النوعية للحث الخاص بالكابل، فإن الإشارة تكون أسرع حينما يكون التيار المستخدم أضعف ما يكون. وحتى تعمل هذه الكابلات بنجاح، اخترع طومسون الجلفانوميتر ذا المرآة للكشف عن التيار. ويعتبر هذا الجلفانوميتر قفزة تقنية هائلة نحو مستوى رفيع من الحساسية فى الأجهزة العلمية.

وقد لفت عمله فى الكابل انتباهه إلى مسألة هامة هى ضرورة وضع معايير دقيقة للقياس الكهربى. فاستأذن الجمعية الملكية أن يأخذ هذا الأمر على عاتقه. وقام ببحوث مستفيضة، توصل بعدها إلى عدد من المعايير أو الوحدات الكهربية مثل الأمبير والفولت والأوم[٢]. هذه المعايير تعتبر ضرورية لتطوير الهندسة الكهربائية وكذلك لتطوير الصناعات القائمة على الكهرباء.

(١) الكابل Cable الكهربى، هو حزمة من الأسلاك المعزولة عن بعضها ضمن غلاف عازل شامل. (المترجم)

(٢) هذه الوحدات الثلاث بالترتيب تتعلق بقياس التيار وفرق الجهد ثم المقاومة. وقد عبر عنها بأسماء مشاهير العلماء الذين كانت لهم إسهاماتهم الواضحة فى بحوث الكهرباء (المترجم.)

واتجهت به اهتماماته بكابلات الأطلنطى إلى موضوعات تتعلق بالملاحة البحرية. فاخترع - بالتعاون مع صانعى الأجهزة الدقيقة بجلاسجو - بوصلة مغناطيسية دقيقة. واستفاد كثيرا من الاحتكاك بالجانب التطبيقى أو الصناعى لمعرفة المشكلات التى تعترض تطوير الأدوات الهندسية. كذلك اهتم بظاهرة المد والجزر. وقام بالاشتراك مع جول بتسجيل عدد من الملاحظات عن هذه الظاهرة بطول الساحل الإنجليزى. وللاستفادة من هذه الملاحظات فى بناء نظرية متكاملة عن المد والجزر، اخترع جيمس طومسون، الأخ الأكبر لوليم طومسون، والأستاذ بكلية الهندسة فى بلفاست، نقول اخترع نوعاً من الحاسبات الآلية التى تعتمد على القياسات. وكان هذا الحاسب هو السلف الأول لأجيال تالية، اخترع بعضها فما بعد فانيفر باش V.Bush من مؤسسة ماسا شوستس للتكنولوجيا، وهارترى D. RHartree من جامعة مانشستر.

وبعد الكشف عن مبدأ بقاء الطاقة، أصبح من الممكن تصور ما يحدث فى مجال الغازات بشكل واضح، ومعرفة خصائصها الفيزيائية بالتفصيل. وكان كلاوسيوس وماكسويل سباقان إلى ذلك بتطويرهما للنظرية الحركية (الكيناتيكية) للغازات، وأبان ماكسويل أنه من الممكن التعامل مع الجزئيات المكونة للغاز إحصائيا بشكل شامل، بصرف النظر عن وجود معرفة تفصيلية بكل جزئ على حدة.

وعندما وصلت نظرية الطاقة إلى أكمل وأدق صورة لها قرب نهاية القرن التاسع عشر، بدأت تحيط بها الصعوبات التى تتعلق بالطاقة الحرارية المشعة من الأجسام الساخنة. فبناء على التصور الكلاسيكى للطاقة، من المفروض أن تكون كل الطاقة تقريباً التى يشعلها الجسم شديد السخونة على هيئة موجات قصيرة جداً. ولكن البحوث التجريبية أكدت أن ما يحدث بالفعل بخلاف ذلك، وأخيراً، استطاع بلانك تفسير التناقض بين النظرية الكلاسيكية للطاقة وبين المشاهدات التجريبية بتغيير

الأســاس المنطقى الذى تقـوم عليـه هذه النظرية، بمعنى أننا يجب أن نفـترض أن الآلية التى يتم بهـا الإشـعـاع من الجسم السـاخن ليست موجات متصلة، بل كمات Quanta أو دفعات منفصلة واستند فى ذلك إلى أن الإشـعـاعـات الصـادرة من الذرة تكون على هيئـة مـوجـات لهـا أطوال موجية مـحددة العدد. ويترتب على ذلك، أن الطاقة تنبعث على هيئة دفعات أو جرعات ذات كميات محددة تماماً.

وبعـد أن طرح بلانك تصـوره الخـاص للطاقـةوالذى عـرف بنظرية الكوانتم عام ١٩٠٠، استفاد بها العلمـاء فى فهم الظواهر التى استعصت عليـهم من قـبل، ومن بين هؤلاء إينشـتـاين الذى ذهب إلى أن هذه النظرية تفسر قيم الحرارة النوعية للمواد منخفضـة الحرارة، والتى تقترب بشكل واسع من القـيم المتوقـعـة من النظرية القـديمـة للطاقـة. كذلك اسـتـخـدم إينشتاين نظرية الكوانتم فى تفسير ظاهرة التحول الكهروضوئى[١] Elec-tro-Photo effect حيث تنبعث الإلكترونات من معادن معينة عند تعريضها للضوء. علاوة على ذلك، استفاد العالم الدانمركى الكبير نيلس بور N. Bohr (١٨٨٥ - ١٩٦٢) من نظرية الكوانتم فى تطوير التـصـور الخـاص بالبنيـة الداخلية للذرة والذى كان قد اقترحه رذرفورد عام ١٩١١، على نحو ينسجم مع نتائج الفيزياء التجريبية.

وتصور الطاقة على أنها تنتقل على هيئة كمات ثابتة جعلها فى وضع أفضل للحساب الإحصائى تماما كما حدث ذلك بالنسبة لجزئيات الغاز. وبتطور النظرية الإحـصـائيـة للطاقـة، أصـبح من الواضح أن مـبـدأ

(١) التـأثير الكهروضـوئى هو تأثير ينتج عن تحـول الضـوء الساقط على معـدن ما إلى إلكترونات. غير أن هذا المصطلح ينحصر عادة فى نوع واحد من التأثير هو إشعاع إلكترونات من المعادن التى يسقط عليها ضوء تردده أكبر من حد أدنى معين للترددات. وتسمى الإلكترونات الناتجة آنذاك بالفوتونات. ومن المعروف أن إينشتاين نال جائزة نوبل فى علم الفيزياء عن بحوثه فى ظاهرة التحول الكهروضوئى وليس عن نظريته فى النسبية (المترجم).

(٢) المقصود بهذه الظاهرة أن الإلكترونات التى تدور حول النواة لابد أن تفقد طاقتها بحسب مبادئ فيزياء نيوتن. وتتقوض البنية الداخلية للذرة. (المترجم)

الاحتمالات، وهو قلب النظرية الإحصائية، يدخل بشكل أساسى فى تفسير المادة. وباستقرار هذه الحقيقة فى الفهم العلمى الحديث، استطاع العلماء فهم ظاهرة حيرتهم زمنا طويلا وهى التحطم أو الانهيار الذاتى للذرة[1]. هذه الظاهرة وجدت تفسيرها الآن فى إطار نظرية الاحتمالات، وتطبيقاتها على البنية الداخلية للذرة.

والواقع أن ما قصده إينشتاين من أن سرعة الضوء مطلقة، أى أنها سرعة ثابتة مستقلة عن سرعة واتجاه مصدر الضوء، إنما هو نتيجة مباشرة للحقيقة القائلة بأن المادة هى نوع من الطاقة المكثفة أو المركزة. وأن كمية الطاقة الكامنة فى كتلة ما من المادة تساوى هذه الكتلة مضروبة فى مربع سرعة الضوء (ط = ك × ع^{٢}) ولما كانت سرعة الضوء تمثل رقما هائلا (حوالى ثلاثمائة ألف كيومتر فى الثانية). لذا فإن تحول الكتلة إلى طاقة يؤدى إلى كمية هائلة من الطاقة مهما كانت كتلة المادة صغيرة.

وهكذا كشفت نظريتا النسبية والكوانتم عن المخزون الهائل من الطاقة داخل المادة. هذا الكشف فرض السؤال عن إمكانية استغلال بعض من هذه الطاقة للصالح الإنسانى. أى هل فى وسع الإنسان التقدم تكنولوجيا على نحو يمكنه من التحكم فى هذا المارد الجبار والسيطرة عليه بهدف الاستفادة ولو بالشئ اليسير منه؟ أما على المستوى الكونى، فمن الواضح من كميات المادة الكونية اللامحدودة، أننا أمام معين لا ينضب من الطاقة. وكان هو السبب فى التطور الذى لحق بالكون بشكل عام. وهو تطور يسرى على النظام الشمسى والأرض وما عليها. ويفسر نشأة الحياة التى لا تعدو حينئذ مجرد ناتج ثانوى للطاقة الكونية.

غير أنه بسبب نظرية الطاقة وفى إطارها، حدث فى نفس الوقت تباعد كبير يصل إلى حد الانفصال بين المفاهيم والمصطلحات العلمية التى

(١) يشير المؤلف إلى المفارقة التى فرضتها فيزياء القرن العشرين، والتى شغلت عديداً من فلاسفة العلم اليوم، وهى مشكلة طبيعة الحقيقة العلمية. ففى إطار فيزياء نيوتن لم يكن هناك فا=

يستعين بها العلماء فى تفسير نظرياتهم وبين المفاهيم العادية للحياة اليومية. فالحرارة والكتلة والقوة الميكانيكية والكهرباء لا تشير إلى حقائق ملموسة وإنما هى رموز تشير إلى شئ مجرد يقع وراء الملموس وهو الطاقة. أما الطاقة ذاتها فهى «شئ» يعجز العقل عن تصوره، فالطاقة ذاتها لا نعرف عنها شيئا. وإنما نراها متجسدة فى صور شتى(١). أما السبب فى استعانة العلماء بالمفاهيم الإبداعية شديدة التجريد دون المفاهيم العادية المشتقة من خبرتنا اليومية العادية، فهو أن هذه الأخيرة أثبتت فشلها فى تقديم تنبؤات صحيحة عن حركات الجسيمات بالغة الصغر، أو حركات الأجسام بالغة الكبر.

وطالما أن الطاقة قد أصبحت هى الحقيقة الكونية القصوى. وأنها يمكن أن تتخذ صوراً شتى، من أول الصورة المادية حتى صورة الإشعاعات المختلفة بكل تنوعاتها الموجية، فقد بدأ العلماء يعترفون تدريجيا بأن المادة والموجة هما وجهان لحقيقة واحدة(١). فالمادة تحت ظروف معينة يمكن أن تكتسب خصائص موجية. وتحت ظروف أخرى تتحول إلى جسيمات ذات كتلة وموضع. وللوهلة الأولى تصور العلماء أن ذلك يمثل ضربا من التناقض. إذ كيف يجتمع الاتصال والانفصال معا

= كبير بين الحقيقة العلمية وحقائق الخبرة اليومية. بدليل أن نيوتن اختار «الحصان» كوحدة لقياس الشغل أو القوة أما اليوم، فالطاقة باعتبارها هى الحقيقة الكونية القصوى تمثل ما يمكن أن نسميه بالشئ فى ذاته الذى يستحيل علينا إدراكه. أما ما ندركه بالفعل فهو مجرد تمثلات أو تجسدات للطاقة. وبالتالى فهو مجرد رمز وليست حقائق. وهكذا أصبح ما ندركه لا يعدو مجرد وهم. أما الحقيقة فيستحيل علينا إدراكها. وهكذا قدر على الإنسان دائما أن يلهث وراء الحقيقة دون الوصول إليها. (المترجم)

(١) توصل العالم الفرنسى لوى دى برولى إلى نظريته عن موجات المادة فى نهاية الربع الأول من هذا القرن والتى تؤكد أن المادة والطاقة مظهران لحقيقة واحدة. وقد قصد بنظريته تفسير لماذا لا يسقط الإلكترون على النواة عندما يفقد طاقته... وقد ذهب إلى أن الإلكترون عندما تقل طاقته عن مستوى معين يتحول إلى موجة ذات تردد معين. (المترجم)

فى آن واحد، أو المكان واللامكان. ولكنهم تبينوا فيما بعد أن الأجسام التى تتحرك بسرعات هائلة، سيان الصغيرة جدا أو الكبيرة جدا، تخضع لقوانين تختلف عن قوانين الحركة الخاصة بالأجسام العادية. وأن المفاهيم التى تستخدمها نظريتا النسبية والكوانتم قد لا تلائم خبرتنا العادية. ولكنها بالتأكيد ملائمة لمستوى الخبرات التى تتكلم عنها. فمفاهيم مثل الذرة والموجة والمكان الزمانى تقابل على مستوى خبرتنا العادية ما نتكلم عنه أحيانا عن موجات البحر أو ذرات التراب العالقة بالهواء أو سقوط حجر أو انتقال إنسان من مكان إلى مكان آخر.

الفصل التاسع عشر

الكيمياء والصناعة

من المؤكد أن استخدام طرق الوزن أو التقديرات الكمية كان له أثره الهام فى حسم كثير من المسائل فى علم الكيمياء. ويعود الفضل لجوزيف بيرك فى أنه أول من استحدث طرق الوزن الكميائى، ثم جاء من بعده لفوازييه، فوصل بها إلى كمالها. واختراع بلاك للكيمياء الكمية التحليلية، أى الكيمياء التى تعتمد على وزن نواتج التحليل فى المراحل المختلفة للتفاعل الكيميائى، نقول إن اختراعه هذا يماثل فى أهميته اختراع نظام الميزانية فى التجارة. ويمكننا أن نعتبر التحليلات الكميةالمنهجية التى قام بها لفوازييه للتفاعلات الكيميائية تقف على قدم المساواة مع وظيفة الميزانية التحليلية فى عالم المال والاقتصاد. هذه الميزانية التى غالباً ما تكشف عن نقاط بالغة الأهمية فى سلوك التنظيم التجارى. ومن المؤكد أن انشغال لفوازييه شخصيا بأمور المال والصناعة له دخل فى توجيه تفكيره إلى الوزن الكيميائى.

والواقع، أن القوى الاجتماعية التى ساندت الثورة الفرنسية كانت من بين المحركات الهامة لنهضة العلم الحديث. فقبل الثورة، وبسببها، وقعت فرنسا فريسة لتناقض حاد بين الأرستقراطية وبين الطبقات العريضة من البسطاء. ومع بداية الثورة حدد المثقفون والمتعلمون موقفهم. وأعلنوا رفضهم للأوضاع الاجتماعية والسياسية السابقة. ومن ثم، وضعوا أنفسهم، وبخاصة المحامون، على رأس القيادة الجماهيرية الساخطة.

وعندما نجحت الثورة معلنة أفول شمس الملكية، كان من الطبيعى أن يمسك المثقفون من أصحاب المهن العلمية بزمام السلطة. واتجهوا لإعادة صياغة النظام الاجتماعى والسياسى الجديد على نحو يتفق ومبادئهم وأفكارهم. وكانت عند هؤلاء من أساتذة الجامعات والمدرسين والعلماء والمهندسين وغيرهم، رغبة أكيدة فى أن يساهم العلم وما يرتبط به من أنشطة أخرى فى تحقيق نهضة اجتماعية شاملة. وأن يتم ذلك تحت رعاية وتشجيع النظام الجديد[1] . ووضعت البرامج والخطط لإصلاح وتطوير العلم. ومن بينها تكميم البحث العلمى والاستناد إلى نظام دقيق للقياسات. والتعبير عنها بوحدات ثابتة. ولذلك، وفى نفس الأطار تم تطوير النظام العشرى فى الرياضيات. وشمل التطوير نظام التعليم ذاته بحيث يسمح بتخريج إداريين ناجحين وحرفيين متمرسين، وكذلك مهندسين وعلماء. وأعيد تأسيس أكاديمية العلوم على مبادىء جديدة تقدمية تتيح تحقيق أغراض أكثر شمولا تنهض بفرنسا.

هذا الجهد المخلص جعل النتائج فى جميع المجالات العلمية مبهرة. وإن كان أشدها وضوحا فى العلوم الرياضية. ويرجع السبب فى ذلك إلى أن الشباب فيما قبل الثورة كان ينكب فى الغالب على الدراسات الأدبية الكلاسيكية على أمل أن يحقق لنفسه مستقبلا مرموقا فى مهنة المحاماة. أما بعد ذلك، فقد وجدوا فى التفكير الرياضى التجريدى متسعا لإبراز مواهبهم وإثبات ذكائهم.

وبالرغم من أن الثورة الفرنسية كانت بالدرجة الأولى ثورة سياسية، إلا أنها شكلت قوة دافعة لتقدم الصناعة الفرنسية نتيجة العزلة التى فرضتها أوربا على فرنسا فى أعقاب الثورة. وضرورة اعتماد الدولة على نفسها. غير أن

(١) يعتبر الفيلسوف الفرنسي أوجست كونت (١٧٩٨ ـ ١٨٥٧) رائد المذهب الوضعي أفضل من عبّروا عن ضرورة وجود علاقة مثمرة بين العلم والمجتمع. وبخلاف ما ذهب إليه سان سيمون من أن الأصلاح الاجتماعي يجب أن يسبق الاصلاح العلمي، ذهب كونت إلي ضرورة أن يكونا متوازيين. وله كتاب في هذا الصدد بعنوان «مشروع الأعمال العلمية الضرورية لإعادة تنظيم المجتمع» عام ١٨٢٢ . (المترجم)

الصناعة الإنجليزية كانت ماتزال متقدمة عن مثيلتها الفرنسية لتفوقها عليها أولا فى المواد الخم، ثم للتشجيع والمساندة التى كانت تلقاها من الحكومات حينذاك، والتى أصبحت شيئا فشيئًا واقعة تحت نفوذ رجال الصناعة.

ومن الضرورات التى تتوقف عليها حركة التصنيع الجديدة، والتى تستخدم بكثرة فى صناعة المنظفات والصناعات التكميلية الأخرى، الصودا الكاوية. فوجود هذه المادة بوفرة وبسعر اقتصادى رخيص مسألة حيوية للنشاط الصناعي. من أجل ذلك رصدت الأكاديمية القديمة للعلوم عام ١٧٧٥ جائزة لمن يتمكن من تحضير الصودا الكاوية من ملح الطعام. وكانت الجائزة من نصيب لابلان N. Leblanc (١٧٤٢ ـ ١٨٠٦) الذى احتفظ بسر استخراجه للصودا من ملح الطعام حتى لا يتسرب إلى الخارج، حيث أعداء فرنسا الذين ضربوا حصارا علميا واقتصاديا حولها. غير أن مشروعه لاستخراج الصودا لم يلق ما قدر له من نجاح. الأمر الذى دفع صاحبه للانتحار عام ١٨٠٦ . ولكن قبل ذلك ببضع سنوات، ألقت المقادير بأحد رجال الصناعة الإنجليزية فى طريق هذا المشروع، عندما كان فى زيارة له لباريس أثناء الهدنة عام ١٨٠٢ . وعرف سر استخراج الصودا الكاوية من ملح الطعام. ذلك هو ماسبرات J. Musprate (١٧٩٣ ـ ١٨٨٦) الذى بادر بالاستفادة من هذه المعلومات فى إنشاء مصنع كبير لاستخراج الصودا، بجوار الملاحات الهائلة فى تشيشاير Cheshire عام ١٨٢٣ . ثم تحول هذا المصنع فيما بعد إلى مؤسسة كبيرة أصبحت جزءًا من الصناعات الكميائية للإمبراطورية.

وكما كانت الثورة الفرنسية حافزا للفرنسيين لإنجاز مشروع لابلان، كذلك قامت الحرب الفرنسية البروسية بنفس الدور فى البحث عن بديل للزبد خلال حصار باريس. وأثمرت جهود ميج موريس Mege - Mouries (١٨١٧ ـ ١٨٨٠) فى إنتاج ما يعرف بالمارجارين أو الزبد الصناعى. وتتخلص طريقة هذا الزبد الصناعى فى تسخين الدهن الحيوانى مع العصارات المعدية المأخوذة من الخنازير والأغنام فى محلول قلوى.

من ناحية أخرى، أدى نمو صناعة الغزل والنسيج إلى زيادة الطللب على المواد الكيميائية القاصرة للألوان. وفى عام ١٧٨٥ ، اقترح كيمائى فرنسى هو بيرثولى C.L. Berthollet (١٧٤٨ - ١٨٢٢) استخدام الكلور لهذا الغرض. قد نفذ ذلك صناعيا فى أبردين عام ١٧٨٧ . وكان جيمس واط من المحبذين لاستخدام الكلور فى عملية القصر. وأوصى والد زوجته الثانية جيمس ماكجريجور، وهو من كبار رجال الصباغة وإزالة الألوان فى جلاسجو، بأن يستخدم طريقة الكلور التى تعلمها من بيروثولى نفسه. وفى عام ١٧٩٩ ، تمكن تنانت C, Tenant (١٧٦٨ - ١٨٣٨) من تحضير مسحوق إزالة الألوان عن طريق امتصاص غاز الكلور فى الجير المطفأ. فأصبحت عملية القصر أكثر أمانا ويسراً.

وكما كانت كيمياء قصر الألوان هامة بالنسبة لصناعة النسيج، حدث نفس الشيء بالنسبة للطباعة. وكنتيجة لزيادة الطلب على الكتب بوجه عام، أصبح الحصول على الورق من أجل الطباعة مسألة ملحة . وبخاصة أن الطريقة القديمة فى تصنيع الورق من الخرق البالية لم تعد تفى بالكميات المطلوبة. وإتجهت الأنظار إلى لب الخشب كبديل وافر وسريع. ولكنه يفتقر إلى مادة قاصرة لكى تجعل عجيبنة الورق بيضاء تماما. ولنا أن نتصور آنذاك كيف زاد الطلب بشكل كبير على مسحوق الكلور من أجل تبييض الورق. ولمواجهة الاحتياجات الواسعة للكلور، اتجهت أنظار رجال الصناعة إلى الكلور المفقود كناتج ثانوى لمشروع بلان فى استخراج الصودا من ملح الطعام. ففى المرحلة الأولى من عملية الاستخراج، يتم تسخين الملح مع حامض الكبريتيك. فيتكون حامض الهيدروكلوريك الذى كان يتم التخلص منه فى الغالب إما فى مجارى الأنهار. أو كغازات تتطاير فى الهواء. الأمر الذى كان يتسبب فى دمار شامل للبيئة المحيطة. ولكن فى عام ١٨٦٦، أقام ويلدون W.Weldon (١٨٣٢ - ١٨٨٥) مشروعًا صناعيًا فى لانكشير للاستفادة من الكلور الموجود فى

حـامض الهيـدروكلوريك من أجل عمليـات قصـر الألوان. وتتلـخص فكرة المشروع فى تسخين الحامض مع خام البيرولزيت. وهو مادة معدنية غنية بثانى أكسـيد المنجنيـز، المشـهور بإمكانيـاته الكبـيرة على الأكسـدة. فيتصاعد الكلور ويتبقى الماء فى النهاية.

غيـر أن طريقـة بلان فى اسـتـخـراج الصـودا، والتى تمدنا بحـامض الهيـدروكلوريك لم تسـتـمـر لفترة طويلة، وبخاصـة بعد اكتشـاف طريقة سولفاى الجديدة فى استـخـلاص الصـوديوم عن طريق الأمونيا. وتعتمد الطريقة الجديدة التى اكتشفها العالم الفرنسى فرسنل A.J Fresnel (١٧٨٢ - ١٨٢٧) على التـفـاعل البـسـيط بين ملح الطعـام وبيكربونـات الأمـونيـوم المذاب فى الماء. وبالرغم من سـلامـة التـفـاعل من الناحـية النظرية، إلا أن فرسنل فشل فى تحويله إلى إجراءات عملية صناعية، لأن التفاعل كان يسرع نحو التكافؤ قبل استـخـلاص المطلوب منه. ولكنه نجح أخيرا فى عام ١٨٦١ فى التحكم فى التفاعل. بل وأعطى تصـريحـا رسـميا لبرونر ومـوند عـام ١٨٧٢ باسـتـغـلاله تجـاريا وأقـيم مـشـروع لهـذا الغـرض فى شيشير قدم أول إنتاج للصودا عام ١٨٧٥ . وأصبح فيما بعد نواة لهيئة عظيمة للصناعات الكميائية.

وبعد اكتشـاف التـحليل الكهربى، واجـهت العمليات المبكرة لتـحـضيـر الكلور صـعـوبات شـديدة. ويعـتـبـر عـام ١٨٥٥، هو البـداية الحـقـيـقـيـة لاستـخدام التـحليل الكهربى صناعيا فى تحضير الكلور، وبخاصة بعد تطوير مشرعات القوى الكهربية التى قدمت طاقة رخيصة. واقتضـى الأمر من أجل الحصـول على كميات كبيرة من الكلور النقى إلى تسـخين الكلور غير النقى مع الهيدروجين لتـحـضيـر حـامض الـهيدروكلوريك. ثم تـحليله بعد ذلك كهربياً.

ومع ذلك فـقد كـانت أهم صناعـة كيمـيـائيـة على الإطلاق هى صناعـة حـامض الكبـريتـيك. وكـان هذا الحـامض مـعـروفـا على الأقل منذ القـرن

الثامن الميلادى. وكان يحضر من خام البيريت، أى بيَريت الحديد. ولم تتغير هذه الطريقة حتى عام ١٧٤٠ حتى قام وارد J.Ward (١٦٩٥٠ - ١٧٦١) بحرق الكبريت مع أحد مركبات النترات (نترات البوتاسيوم أو نترات الصوديوم) فى آنية زجاجية هائلة تحتوى شيئا من الماء هذه الطريقة خفضت من سعر الحامض بحوالى ٩٥٪ من ثمنه القديم. ثم طور ريباك هذه الطريقة باستبدال الأوانى الزجاجية الهشة والصغيرة نسبيا بحجرات كبيرة من الرصاص. وهكذا أرسيت عملية تحضير حامض الكبريتيك على قاعدة صناعية كاملة. وكانت من بين العوامل التى شجعت على الثورة الصناعية. وفى عام ١٨٣١، أجرى فيليبس تحسينا آخر له أهميته فى تحضير الحامض، بتمرير خليط من الأكسجين وثانى أكسيد الكبريت على مسحوق البلاتونيوم كعامل محفز. غير أ ن هذه الطرق التى تعتمد على العوامل المحفزة لم تكتسب وضعها الصناعى الناجح إلا فى النصف الأول من القرن التاسع عشر بسبب الشوائب السامة التى كانت تتخلل المواد المحفزة.

وبعد حامض الهيدروكلوريك والكبريتيك، يأتى حامض النيتريك باعتباره الحامض الثالث من حيث الأهمية. ومن المؤكد أن العرب المسلمين كانوا يعرفونه جيدا منذ القرن الثامن. واستطاعو تحضيره بتسخين النترات مع مزيج من الزاج والشب[1]. عندئذ يتفاعل الزاج الأزرق مع الشب منتجًا حامض الكبريتيك. الذى يتفاعل بدوره مع النترات مؤديا إلى حامض النتيريك. وفى عام ١٦٤٨، تمكن جلاوبر J. R J.RGlauber (١٦٠٤ - ١٦٧٠) من استخلاص الحامض النقى بعد ترشيح

(١) الشب هو الاسم التجارى لكبريتات الألومنيوم. أما الزاج فهو مركب طبيعى يستخرج منه الحامض. وله أنواع عديدة. فالزاج الأزرق هو كبريتات النحاس. والزاج الأخضر هو كبريتات الحديدوز. أما الزاج الأبيض فهو كبريتات الزنك. ومن الحقائق المعروفة أن جابر بن حيان، الكيميائى العربى (٨١٥م) استطاع تحضير حامض الكبريتيك والنيتريك. ومنهما معا وبنسبة معينة قام بتحضير الماء الملكى أو ماء الذهب. (المترجم).

أملاح الكبريت الناتجة من العملية السابقة. وكانت النترات تستورد أولا من الهند حيث النفايات العضوية المتراكمة. ولكن بعد اكتشاف مناجم النترات الطبيعية فى شيلى، لم يعد أحد يهتم باستيرادها من الهند. ثم مع رخص التيار الكهربائى فى نهاية القرن التاسع عشر، تمكن بيركلاند وإيد من تحضير الحامض بالتحليل الكهربى. أما على المستوى الواسع، فإن الحامض يتم تحضيره بمساعدة العوامل المحفزة. فمن الممكن تحضير الأمونيا أو النشادر من مزيج من الأكسجين والنيتروجين. وتحقق ذلك لأول مرة على يد هابر F.Haber. وصناعة الكيماويات بكميات تجارية هائلة، مثل الأحماض والقلويات، تعرف بصناعة الكيمياء الثقلية، وقد بدأت الكيمياء الثقيلة أولا فى انجلترا. وارتبطت بمواجهة الإحتياجات المتزايدة لمختلف المواد المرتبطة بالثورة الصناعية.

وفى عام ١٨٢٢، سافر شاب موهوب ذو عقلية عبقرية إلى باريس لدراسة الكيمياء. ويعتبر سفره هذا نقطة تحول خطيرة فى تطور كيمياء القرن التاسع عشر. ذلك هو جوستوس فون ليبج J.V Liebig (١٨٠٣ - ١٨٧٣) الذى ولد فى دار مشتادت بألمانيا وكان أبوه صيدليا يعمل بتحضير الكيماويات الدوائية. ولاحظ حاكم الولاية ما يتمتع به هذا النابغة الصغير من قدرات عقلية متميزة، فساعده على مواصلة تعليمه. وعندما وصل ليبج إلى باريس، تعرف على المستكشف والعالم والدبلوماسى الألمانى الكسندر فون همبولت A.V. Humboldt . وتصادق معه.

وكنتيجة للبحوث الرائدة التى قام بها لفوازييه، استطاع العلماء الفرنسيون تحقيق تقدم ملموس فى كيمياء المواد النباتية والحيوانية. ذلك الفرع من الكيمياء الذى يعرف بالكيمياء العضوية. وكان لفوازييه يعتقد بأن الأكسجين الذى نستنشقه أثناء التنفس يحلل سوائل الرئة بحيث يخرج منها الكربون والهيدروجين. وسرعان ما تتحد هذه الغازات مع مزيد من الأكسجين، بحيث يتكون ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء اللذان يخرجان

فى عملية الزفير. وحاول لفوازييه أن يبحث عن أبسط التفاعلات التى يمكن أن تحدث بين جزئيات الكربون والأكسجين والهيدروجين ليفسر ما يحدث داخل الجسم. ولكن هذه البحوث أخذت إتجاهها الصحيح عند ماجندى F. Magendie (١٧٨٣ - ١٨٥٥) من خلال دراسته للتركيب الكيميائى لبعض المواد العضوية كاللحم والدهن والخبز. واستطاع تحديد مكوناتها من الكربون والنيتروجين والهيدروجين وبعض العناصر الأخرى.

وبعد عودته إلى ألمانيا، تابع ليبج بحوثه فى كيماء الكائنات الحية وموادها. وبحلول عام ١٨٤٢، كان ليبج قد توصل إلى حقيقة هامة تتعلق بالأجسام الحية، هى أن هذه الأجسام لا تعمل فى إطار التفاعلات ولا المركبات البسيطة للكربون والهيدروجين أو حتى الطعام فى صورته العادية. بل تتعامل مع مواد معقدة لها نظام خاص للتركيب الداخلى. فماذا عساها أن تكون هذه المواد؟ وللإجابة عن هذا السؤال، حدد ليبج للكيمياء العضوية برنامجا دقيقا للبحث. وانتهى من ذلك إلى ما نعرفه اليوم عن البروتينات والكربوهيدرات وكذلك التصور الكيميائى الحديث عن تكوين الكائنات الحية. ولم يقف بخياله المبدع عند هذا الحد، بل ساهم كذلك فى استحداث تقنية تجريبية جديدة أشرنا إليها من قبل.

وبدأت المعرفة التفصيلية بالكيمياء المعقدة للكائنات الحية، تتقدم شيئًا فشيئًا حتى وصلت إلى أرقى مستوياتها فى ذلك الوقت. وطور ليبج طرائقه الجديدة بمعمله فى جامعة جيسن، حيث ولدت الكيمياء العضوية بمعناها الحديث، وأصبحت هذه الجامعة قبلة كل شاب أوربى ذى موهبة يطمع فى تعلم الكيمياء العضوية.

وكما أوضحنا فى الفصل الخامس عشر، استبصر ليبج أن جزئيات الكيمياء تسير فى دائرة كاملة تبدأ من العالم غير العضوى. ومنه تنتقل إلى عالم النبات ثم عالم الحيوان، ثم تعود مرة أخرى من حيث بدأت. أى

إلى الأرض من جديد عندما تتحلل المواد النباتية والحيوانية وبناء على ذلك، ذهب إلى أن الفحم الذى يتكون فى باطن الأرض هو نباتات تحجرت تحت عوامل الضغط ودرجة الحرارة منذ أحقاب تاريخية سحيقة. واستدل على ذلك من أن الفحم يتكون من المواد التى لا تتحلل إلى ما هو أبسط منها مثل الكربون والهيدروجين والأكسجين. ولابد أن يكون الفحم بهذا المعنى مركبًا وسيطًا مشتقًا من المركبات العضوية شديدة التعقيد الخاصة بالكائنات الحية، والتى لم تنحل حتى الآن إلى مواد بسيطة. هذا الاستنتاج مهد الطريق لقيام الكيمياء العضوية ذات الأهمية المتزايدة، والتى تستند إلى صناعة قطران الفحم.

فإذا رجعنا إلى رجال الصناعة الانجليز، سنجد أن اهتمامهم انصرف بالدرجة الأولى إلى الصناعات الكيميائية العادية التى تتمثل فى الأحماض والقلويات وسائر المركبات الأخرى التى تدخل فى الصناعة بكميات كبيرة. هذه المواد بالمقارنة مع الكيمياء العضوية تعتبر بسيطة وكانت هى التى تلبى رغبات الصناعة الإنجليزية. أما الكيمياء العضوية التى تتعلق بالمواد النباتية أو الحيوانية، فهى فضلا عن تعقيدها الشديد، حساسة للغاية للحرارة وقابلة للتحلل السريع. من ناحية أخرى، فإن خصائصها العامة تختلف عن خصائص مواد الكيمياء العادية، كالمعادن والأحماض والقلويات. تلك التى تتصف تفاعلاتها ومقاوم تها الكيميائية بالقوة والضعف أحيانًا. ونظرًا لاختلاف الخصائص، انفصلت الكيمياء العضوية مكونة قسما مستقلا. وأصبحت لها صناعاتها الخاصة التى تتعامل مع المواد الأكثر تعقيدًا ودقه، ترتبط بمكونات الكائنات الحية. وقد عرفت هذه الصناعات، بالصناعات الكميائية الخفيفة.

وقد لاحظ ليبج أن الزراعة والصناعة الألمانية لم ترتق بالقدر الذى يجعلها قادرة على الاستفادة مما بلغته الكيمياء الحديثة من تطور. فاتجه بنظره إلى إنجلترا، تلك التى يمكنها أن تتبنى بحوثه الكميائية وتستفيد

منها. وكان حكام إنجلترا فى الأربعينيات من القرن التاسع عشر وعلى رأسهم رئيس الوزراء سير روبرت بيل، الذى كانت عائلته من مؤسسى صناعة الغزل والنسيج إبان الثورة الصناعية، نقول إن حكام إنجلترا كانوا متحمسين لتوظيف المعرفة العلمية عند ليبج لخدمة التقدم الزراعى والصناعى. فدعوه لزيارة إنجلترا. وقام بعديد من الجولات الميدانية الناجحة بمساعدة تلميذه الأسكتلندى المتميز ليون بلايفير L. Playfair (١٨١٨ ـ ١٨٩٨) الذى كان ملازما له فى جيسن.

وكنتيجة للنشاط البحثى المتزايد، تم تأسيس الكلية الملكية للكيمياء بلندن عام ١٨٤٥، بمساعدة واحد من تلامذة ليبج المرموقين هو هوفمان A.W Hofman (١٨١٨ ـ ١٨٩٢) والذى أصبح أول عميد لها. وخلال الثمانية عشر عاما التى شغل فيها هذا المنصب، تخرج على يديه عديد من الطلبة النابهين، من بينهم بيركن وهنرى بسمار ووارن دى لارى وآبل ونيكلسون ومانسفيلد وميرك وجريس ووليم كروكس وفرانكلاند. أما بيركن، فقد كان تلميذا لهوفمان وعمره لم يتجاوز الرابعة عشرة. عندما بلغ الثامنة عشرة توصل إلى أول صبغة صناعية مركبة من توليفات قطران الفحم. ثم أسس صناعة مواد الصباغة من توليفات القطران. أما هنرى بسمار فله طريقته التى عرفت باسمه فى صناعة الصلب. وقد ساهم الإنتاج الموسع للصلب فى التقدم الصناعى بشكل عام. وفى الولايات المتحدة الأمريكية بشكل خاص.

وفى عام ١٨٦٣، قرر هوفمان العودة لألمانيا، وفيها أسس صناعة مواد الصباغة، ثم عاون هو وتلاميذه فى توسيع وتعميق اكتشاف بيركن لصبغات القطران، وفى غضون عقدين من الزمان تفوقت صناعة الصبغات الألمانية، بل وكذلك الكيمياء الخفيفة على مثيلاتها الإنجليزية. وكما ألمح هوفمان إلى ذلك، فقد كان للعادات القومية للشعب الألمانى دخل فى تفوقه على الشعوب الأخرى فى التقدم فى الكيمياء العضوية. فالألمان

كما يقول بطبعهم منضبطون ميالون للعمل المنظم. وهذا ينسجم مع طبيعة العمل فى هذا الفرع من الكيمياء. فالتجربة العلمية الواحدة قد تسفر أحيانا عن فروق طفيفة بحيث تستلزم الدقة والمثابرة فى تتبع خصائص المواد القريبة من بعضها. هذا العمل يلائم البحث المنظم الذى توجهه خطة دقيقة.

وقد مهد التقليد العلمى الذى أرساه ليبج فى ألمانيا لظهور طائفة من الكيميائيين الأكاديميين من ذوى المهارات العالية. وفى البداية، تبين لهؤلاء أن هناك ثغرات واسعة فى الصناعة الألمانية. فارتحل عدد كبير منهم إلى إنجلترا حيث تقلدوا مناصب قيادية باعتبارهم كيميائيين فى المصانع الإنجليزية. وكان مديرو المصانع الإنجليزية ينظرون إليها كوسيلة لجمع الثروات أكثر منها عمل وطنى صناعى يحتاج للتطور. وبعد خدمتهم فى انجلترا عاد الأكاديميون الألمان إلى بلادهم وأسسوا مشروعات صغيرة، تقدم إنتاجا شبيها بالإنتاج الإنجليزى، ولكنه أكثر منه جودة. وحوالى عام ١٨٨٠ تحولت هذه المشروعات المتواضعة إلى مؤسسات ضخمة حققت نجاحا كبيرا. ثم اتجهت للاتحاد مع بعضها البعض مكونة الترستات الألمانية المشهورة فى عالم الكيميا.[١]. وظلت هذه الترستات مهيمنة وموجهة للصناعات الكيميائية الخفيفة حتى نهاية الحرب العالمية الأولى. ودفع نجاح صناعات الكيمياء فى ألمانيا إلى محاولة اللحاق بها فى كل من إنجلترا والولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى.

ومع اتساع مجال المعرفة الخاصة بالمواد العضوية، والتى بدأت على يد ليبج. بدت الحاجة إلى نظرية شاملة ومتسقة تستطيع الربط بين هذه المعارف وتفسيرها . وقد ساهم كيكولة F.A Kekule (١٨٢٩ ـ ١٨٩٦) فى

(١) المقصود بالترست trust هو اتحاد يقوم بين مجموعة من الشركات أو المؤسسات الصناعية أو التجارية ذات النشاط الواحد، من أجل التنسيق بين بعضها البعض والاستفادة الكاملة من مكونات وإنتاج كل منها وإيجاد جبهة متحدة لمواجهة المنافسة الخارجية. وغالبا ما يكون للترست مجلس منتخب من الأمناء.. (المترجم)

نلك بالنصيب الأكبر .ففى عام ١٨٥٨، تفتق خياله العلمى عن تصور تكوينى للذرات والجزيئات العضوية. فذهب إلى أن الكربون ينطوى على أربع روابط تربطه بالذرات الأخرى. فإن لم تجد ما يتحد معها فإنها تنقفل على نفسها. هذا التصور يمثل ما هو معروف ومايزال عن الصيغة البنائية أو الشكل الحلقى للجزيئات. وساعد كثيرا على تنشيط الخيال العلمى عند الكيميائيين. وفى إطار نفس التصور، ذهب كيكولة إلى أن جزيئى البنزين وكذلك جزيئى القطران الذى هو أساس صناعة الصبغات التخليقية الجديدة، كليهما يتكون من ست ذرات تكون شكلا حلقيا سداسى الأضلاع. ويقول كيكوله إنه استلهم هذه الفكرة فى الحلم عندما أخذته سنة من النوم أمام المدفأة. فصور له خياله وهو يحلم أن ذرات الكربون ترقص أمامه. ثم يستطرد قائلا:

«لقد لازمتنى نفس الرؤيا العقلية المرة تلو الأخرى حتى أصبحت واضحة جلية فى ذاكرتى. وكان فى وسعى أن أميز البنيات الأكبر للتكوينات المتعددة. إنها تشبه مجدافين طويلين. أحيانا يكونان مترابطين بشكل وثيق. وسرعان ما يأخذ هذان التوأمان فى الالتواء والانثناء تماما كالتواء الثعبان. ولكن انظر! ما هذا؟ إن أحد الثعابين قد التف حول نفسه وأمسك بذيله. وبدا أمامى كما لو كان دوامة تدور حول نفسها، وكما لو كان الحلم ومضة برقت ثم مضت، استيقظت واستغرقت بقية ليلتى فى تفكير عميق لاستخلاص النتائج المترتبة على هذا الفرض».

هذا التصور للبنية الداخلية للجزيئات العضوية أعقبته فكرة أخرى لا تقل عنه أهمية عام ١٨٧٤ . تلك هى فكرة الروابط المتجهة إلى الخارج فى المكان، والتى تخيلها فان هوف V.Hoff (١٨٥٢ ـ ١٩١١) ولى بل Le Bel(١٨٥٧ ـ ١٩٣٠)[١] وتصوروا الروابط الأربع تشير إلى الأركان الأربعة للشكل الرباعى الذى تقبع ذرة الكربون فى مركزه. وقد ساعدت هذه

(١) الشكل الحلقي لجزيئي البنزين كما تصوره كيكوله وفان هوف (المترجم).

الفكرة على تفسير الخصائص الكيميائية التى تتوقف على البنية الجزيئية، جنباً إلى جنب مع التركيب الكيميائى. وحوالى عام ١٩٠٠ اكتشف علماء الكيمياء العضوية مايقرب من مائة ألف توليفة عضوية يمكن تصورها ومعالجتها كيميائياً وفقا لهذه الأفكار.

على هذا النحو، نستطيع القول إن كل صور التقدم فى كيمياء القرن العشرين تدين بالفضل للنظريات الجديدة للارتباط الكيميائى. وتستند على الطرق الفعالة للتحليل والتركيب الكيميائيين. فضلا عن تطبيق أفكار ومناهج فيزيائية مستحدثة على الكيمياء.

ولعلنا نتذكر ما أشرنا إليه فى الفصل الخامس عشر عن التحليل الكروماتوغرافى(١) باعتباره أحدث ما وصل إليه التحليل الكيميائى. فقد استطاع تسوط أن يفصل مكونات السائل الخلوى للنبات بعد إذابتها فى الأثير البترولى، ثم تمريرها على أنبوبة تحتوى على كربونات الكالسيوم. فظهرت سلسلة من المناطق الملونة، كل منها ينطوى على مكون بعينه من المكونات العضوية. ثم تطور هذا التحليل وأخذ شكله التقنى الحديث على يد الثلاثى كوسدن وجوردون ومارتين. وقد استخدموا نوعا من الورق النشاف الذى يمتص المكونات العضوية من السوائل التى تمر عليه، ويتلون بألوانها بشكل موزع على مناطق مختلفة. وبذلك أمكن التوصل إلى نتائج دقيقة فى يومين كانت تستغرق فى الماضى أكثر من سنتين. من هنا يمكننا القول بأن التحليل الكروماتوغرافى يكمن وراء التقدم الكبير الذى حققته الكيمياء العضوية فى السنوات الأخيرة. فعن طريقه أمكن كشف أقل أثر طفيف من المادة العضوية. وارتفع بمستوى التحليل إلى درجة عالية من الحساسية.

(١) التحليل الكروماتوغرافى هو احدى طرق التحليل الكيميائى، ويتلخص فى أننا إذا سمحنا للخليط السائل من مادة عضوية متعددة المكونات بأن يسيل على عمود من مادة ماصة كأصبع الطباشير مثلا، فإن الطباشير سيمتص هذه المكونات فى طبقات منفصلة ملونة، كل منها يتعلق بمادة بعينها.

وفى عام ١٩٣٥، أضاف آدمز B.Aadams وهولمز E. L Holmes إنجازا رائعا يتعلق بظاهرة الامتصاص الجزيئى يوازى فى أهميته التحليل الكروماتوغرافى، هو التحليل الأيونى التبادلى Ion - Exchange analysis. وإليه يرجع الفضل فى التحليل الكيميائى القائم على الأشعة السينية. فهو الذى مكن العلماء من تحديد البنية الكيميائية لكثير من المواد العضوية الهامة، وعلى رأسها الفيتامينات. ومما لاشك فيه أن التحليل هو مفتاح الكيمياء، بل وأى علم آخر من أجل الفهم. ثم يعقبه الخطوة الهامة وهى التركيب، أى ابتكار توليفات جديدة من عناصر قديمة. وبجانب هذا وذاك، ساهمت الفيزياء التجريبية فى تقدم الكيمياء العضوية عن طريق اختراع الميكروسكوب الإلكترونى ذى القوة التكبيرية الهائلة. فعن طريقه أمكن رؤية الجزيئيات الكبيرة نسبيا. علاوة على أن التحليل الطبيعى لهذا الميكروسكوب يمكنه تحديد وجود أصغر كمية من أى مادة بدقة منقطعة النظير.

وقد أدى استخدام طريقة الضغوط العالية فى الآونة الأخيرة إلى تخليق كثير من المركبات الكيميائية الجديدة تماما مثل البوليثين [١]. وقد بدأت بحوث الضغوط العالية فى أمستردام على يد مايكلز A. M. J.F Michels (ولد عام ١٨٨٩). وكان أن لاحظ أنه تحت الضغط المرتفع، يتحول الإثيلين إلى حالة البلمرة. أى أن جزئياته تتجه للارتباط ببعضها مكونة وحدات أكبر فأكبر.

وأخيراً جاءت الديناميكا الحرارية وكذلك ميكانيكا الكوانتم ليقدما لنا فهما أدق وأوضح للتفاعلات الكيميائية فى أكثر مراحلها المتقدمة وليفتحا الطريق أمام مزيد من الإبداع أمام التوليف الكيميائى.

(١) نوع من البلاستيك الحرارى يتصف بالقوة والمتانة والمرونة. ويستخدم عادة كمادة عازلة أو فى أية أغراض أخرى تتطلب مادة بلاستيكية مقاومة للتفاعلات الكيميائية.. (المترجم)

الفصل العشرون

القوى الكهربية

هناك علاقة وثيقة بين العلم فى جانبه النظرى، وبين العلم التطبيقى. ولذلك تعتبر الكشوف العلمية التى توصل إليها فولتا وأورستد وفاراداى هى السبب فى نشوء ما يعرف بهندسة الكهرباء. فهذه الهندسة التطبيقية هى همزة الوصل بين النظريات المجردة فى علم الكهرباء وبين الاختراعات التى تترجم هذه النظريات إلى أجهزة وأدوات مفيدة فى الحياة. لذلك، من الصعب الفصل بين طائفتين من العلماء. أى العلماء النظريون الذين يكرسون حياتهم من أجل البحث عن القوانين الطبيعية، كهؤلاء الثلاثة الذين ألمحنا إليهم. ثم العلماء التطبيقيون الذين يستغرقون بكليتهم فى البحوث الخاصة بالاختراعات، وإن كانوا لا يساهمون بشئ فى الأسس النظرية للعلم. وبين هؤلاء وهؤلاء قلة قليلة تأخذ بنصيب من كلا الجانبين. منهم وليم طومسون (اللورد كالفن) الذى كان يحلو له دائمًا أن يعتبر نفسه فيلسوفًا وفى نفس الوقت مهندسًا وعالمًا.

ومن بين المخترعين المعاصرين، يعتبر توماس ألفا إديسون **T.A Edison** (١٨٤٧ ـ ١٩٣١) من أبرزهم وبخاصة فى مجال الهندسة الكهربائية. فهو الذى اخترع المصابيح الكهربائية الخاصة بالإضاءة ووضع نظامها العام. ولما كان هذا النظام يتكون من أجزاء عديدة، فقد أدى نجاحه إلى تشجيع تطوير كل مكوناته، ابتداء من صناعة المصابيح الكهربائية حتى خطوط

التوصيل والمولدات الضخمة. وما بين دفع العوامل الاقتصادية من ناحية، ثم الطلب المتزايد على القوى الكهربية من ناحية أخرى، تحركت الأبحاث بشكل منظم ومكثف إلى تصميم وتصنيع المولدات الكبيرة. وفى حين كانت المشكلات العملية تحركها عادة الاهتمامات الفردية، وتخضع لميول الباحثين ورغباتهم الشخصية، أصبحت هذه المشكلات تعالج بشكل جماعى منظم يقوم على خطة تتسم بالإنجاز السريع من أجل الوفاء بالطلب الواسع على الكهرباء.

وقد انكب إديسون على الهندسة الكهربائية، دارسا وممحصا لكل جزئية من جزئياتها، على نحو مكنه من تحقيق كثير من الكشوف الهامة فى هذا المجال. ومن بين هذه الكشوف توصله لما يعرف بتأثير إديسون الذى لوحظ عام ١٨٨٣ ، والذى يتعلق بفقد التيار من الفتيل الساخن للمصباح الكهربائى. هذا التأثير ساعد بدوره على معرفة المبدأ الذى اخترعت على أساسه صمامات الراديو، من ناحية أخرى، أثناء قيامه باختبار تصميم له يمثل نظاما مبتكرا لتوصيل التيار الكهربى بدون أسلاك. أى بناء هوائى هائل متصل بمصدر كهربى قوى، بحيث ينشر له مجالا كهربيا قويا، يمكن لأى إنسان يضع فى نطاقه أى موصل معدنى أن يأخذ ما يشاء من كهرباء. نقول أنه عند اختباره لهذا المشروع الخيالى، وبرغم فشله فيه إلا أنه لم يخرج منه صفر اليدين، بل توصل إلى هوائى الاستقبال اللاسلكى أو ما نعرفه اليوم بالإيريال. ويبدو أن إديسون كان أيضا أول من تصور إمكانية وجود مايعرف بالفلك الراديوى أى الإشعاعى. فبعد اكتشاف موجات الراديو، خطرت بذهنه فكرة عبقرية عن احتمال وجود موجات من هذا النوع تأتى من الفضاء الخارجى. وفى عام ١٨٩٠ ، صمم عددا من التجارب العلمية للكشف عن احتمال وجود مثل هذه الموجات. وكانت تجاربه بصرف النظر عن نجاحها تقوم على أساس علمى سليم. ولكن نظرا لعدم وجود أجهزة

الاستقبال المتطورة التى يمكنها إثبات تخمينه هذا، أو حتى إمكانية تشغيل الجهاز الذى اخترعه لهذا الغرض. فإن تجاربه لم تحقق الغرض منها. واحتاج الأمر لحوالى نصف القرن لإثبات نجاح هذه التجارب، وبالتالى صدق تخمينه عن البث الفضائى لموجات الراديو. وتم ذلك على يد جانسكى K.Jansky (١٩٠٥ ـ ١٩٥٠) الذى كان مثل إديسون مهندسًا وعالما أمريكيا، من المهتمين بتطوير أجهزة الاتصال الكهربى.

وقد فرض اكتشاف الكهرباء مشكلة توصيلها أو نقلها من مكان لآخر. هذه المشكلة كانت الدافع على نشوء هندسة الكهرباء فى وقت مبكر. وفى هذا الصدد، يعتبر الرياضى والمتخصص فى الفيزياء النظرية جاوس C.F Gauss (١٧٧٧ ـ ١٨٥٥) أول من صمم نظاما للبرق أو التلغراف. غير أن عمله لم يتجاوز الجانب النظرى المتعلق بتسجيل الملاحظات عن الظواهر المغناطيسية، أكثر منه تطبيقا عمليا للخدمة الجماهيرية. وفى أمريكا، استطاع جوزيف هنرى J. Henry (١٧٩٩ ـ ١٨٧٨) تطوير المغناطيس الكهربى بحيث اخترع جهازًا للبرق يمكنه إعطاء إشارات قوية وواضحة من تيار ضعيف. ومن ثم، يمكن لهذا الجهاز أن يعمل من مسافات بعيدة. كذلك استخدام نفس المغناطيسات الكهربائية فى تشغيل بعض الروافع من بعد. ولكنه رفض تسجيل اختراعاته.

وفى عام ١٨٣٧، تمكن كوك W.F Cooke (١٨٠٦ ـ ١٨٧٩) وويتستون C.Weatstone (١٨٠٢ ـ ١٨٧٥) من الإستفادة من اختراعات هنرى فى تركيب أول نظام عملى للبرق صالح للخدمة العامة. هذا النظام كان ضروريا لخدمة النمو المتزايد لنظام السكك الحديدية. من أجل ذلك قام المخترعان بتصنيع جهاز إرسال تلغرافى لكى يوضع فى إحدى محطات الضواحى القريبة من لندن. وحدث أن مجرما هاربا صعد إلى القطار فى هذه المحطة. فكلفت الشرطة التى تطارده عامل التلغراف بأن يرسل ببرقية إلى لندن للقبض عليه فور مغادرته القطار. وكان نجاح هذه العملية بمثابة

شهادة ميلاد لنظام التلغراف تعترف بأهميته، بعد أن كان الناس ينظرون إليه باعتباره لعبة يتسلون بها. ثم اخترع الفنان والرسام الأمريكى مورس S.F.B. Morse (١٧٩١ - ١٨٧٢) جهاز البرق التسجيلى، ثم وضع النظام الشفرى المشهور الذى مايزال معمولا به حتى الآن، والذى يترجم الحروف والأرقام إلى نبضات صوتية قوامها نقاط وشرطات[١].

وفى حين كان نمو السكك الحديدية هو الحافز على تطوير نظام البرق فى إنجلترا، فقد كان التوسع فيه مسألة مصيرية بالنسبة لأمريكا. ففى السنوات العشر ما بين عامى ١٨٥٠، ١٨٦٠، زادت خطوط السكك الحديدية من ٧٥٠٠ ميل إلى ٣٠,٠٠٠ ميل، وكانت غالبية هذه الخطوط تقع فى مناطق غير مستقرة أمنيًا. وفى نفس الوقت كانت القطارات هى الوسيلة الوحيدة أحيانا للمواصلات، ولا بديل لها. فالطبيعة البكر لأمريكا حينئذ، علاوة على مساحتها المترامية الأطراف، جعلا من البرق - المقترن دائمًا بالسكك الحديدية. مسألة بالغة الحيوية أكثر من إنجلترا بكثير. أضف إلى ذلك أنه يمثل وسيلة اتصال سريعة. تساعد على إيجاد روابط وثيقة بين الولايات المختلفة فى نوع من الوحدة. فساهم بذلك فى تحويل الولايات إلى أمة ذات كيان موحد. فقبل مد خطوط السكك الحديدية وخطوط البرق، كان الشمال والجنوب متباعدين تماما وكأنهما دولتان مستقلتان. ولنا أن نتصور كيف ترابطت أطراف القارة واتصلت ببعضها، وتقاربت كثيرا نظمها الإجتماعية وأنماط حياتها بعد أن جمعت بينها السكك الحديدية والبرق.

ولد إديسون فى ولاية أوهايو بقرية تسمى «ميلان» تقع على القناة التى تربط الولايات الشرقية ببحيرة إيرى. أما أسلافه الأوائل فكانوا من

(١) النقطة بمقتضى هذا النظام هى عبارة عن نبضة كهربية واحدة. أما الشرطة فهى ثلاث نبضات متصلة. ويكون حرف الألف هو .-، ب -... ، جـ -.-. ، ويكون رقم واحد .---- وهكذا. (المترجم)

الهولنديين المهاجرين الذين كونوا لأنفسهم قومية مستقلة. وبمرور الزمن تناثروا إلى عائلات متفرقة. وعندما قامت حرب الاستقلال، حارب بعضهم إلى جانب الأمريكين. بينما ناصر البعض الآخر الإنجليز. وكانت عائلة إديسون تنتمى إلى هذه الفئة الأخيرة. وعندما تطورت الحرب لصالح الأمريكيين. اضطرت عائلته للهجرة إلى نوفاسكوشيا. غير أن والده برهن عمليا على إخلاصه لاستقلال أمريكا بأن انضم لحركة العصيان التى ثارت فى كندا ضد الإنجليز بزعامة ماكنزى عام ١٨٣٧ واضطر إديسون إلى الفرار إلى أمريكا واستقر فى قرية ميلان.

وفى سن مبكرة، وبينما كان يخطو خطواته الأولى نحو المراهقة، اشتعلت الحرب الأهلية. ونظرا لظروف الحرب تعرض لضغوط شديدة ليس من السهل احتمالها وهو مايزال فى مرحلة التكوين. وهى أكثر مراحل الحياة حساسية. وعندما كان فى الحادية عشرة من عمره، قرأ مصادفة كتابا مبسطا فى الفيزياء والكيمياء مما نسميه اليوم بالعلم العام. فأثار فيه حب الاستطلاع. ودفعه لإجراء بعض التجارب البسيطة. وقد عبر عن نفسه بقوله أنه كان أكثر ميلا إلى الكيمياء منه إلى الهندسة أو الفيزياء. وسارع إلى صيدلية البلدة. واشترى مائتى زجاجة فارغة. وكذلك بعض المواد الكيميائية المتنوعة والمواد الأخرى اللازمة لصناعة بطارية من نوع بطارية فولتا. وشأن الصبية فى ذلك الوقت، استطاع أن يوفر مصروفه اليومى عن طريق القيام بأعمال بسيطة وغير دائمة، كتوزيع الخضروات مثلا. وعندما بلغ الثانية عشرة تحول إلى بيع الصحف والحلوى فى محطة السكة الحديد. ثم وجد نفسه يبيع سلعه داخل القطارات نفسها فى تنقلها بين محطتى بورت هورن وديترويت عام ١٨٥٩ . أى قبل اندلاع الحرب الأهلية مباشرة. ومن حصيلة عمله كان يشترى أجهزة ومواد كيميائية ويقوم بعمل بعض التجارب على التحليل الكيميائى. وكثيرا ما استخدم عربة البضائع كمكان مفضل للقيام

بتجاريه عندما لايكون هناك زبائن. أما فترات الانتظار الطويلة فى محطة ديترويت، فكان يقضيها فى المكتبة المحلية يقرأ فيها كتب التكنولوجيا.

وبسبب الحرب الأهلية والظروف التى أحاطت بها، لاحظ إديسون اهتمام الناس البالغ بالأخبار. فشرع فى طباعة صحيفة صغيرة داخل القطار، كان هو محررها وعامل المطبعة أيضا. وكانت الأولى من نوعها فى العالم. وعندما اشتد وطيس الحرب، بلغ جنون الناس بالأخبار حدا فاق كل تصور. وعندما وقعت معركة «شيلو» الحاسمة سنة ١٨٦٢، خطر لأديسون أن يستفيد من سفره بالقطار قريبا من ميدان المعركة فى تسقط الأخبار وإرسالها بالتلغراف كمانشيتات لصحيفته المتواضعة. ونجحت فكرته لجذب الناس بمانشيتاته. إذ عندما وصل القطار إلى المحطة، أحاطت به الجموع الغفيرة تتلهف على شراء الصحيفة لقراءة التفصيلات الكاملة للمعركة. وفى ذلك اليوم، باع إديسون آلاف النسخ. وسجل فى مذكراته عن ذلك اليوم عبارة يقول فيها «لقد عرفت أن البرق اختراع عظيم».

وفى أحد كتب العلم، قرأ إديسون عن نظام مورس التلغرافى وأجاده. وكان عمال البرق حينئذ قلة. فاكتسبوا مكانة إجتماعية مرموقة يحسدهم عليها غيرهم. ومع قلة عددهم، دفعت ظروف الحروب لتجنيد عدد منهم للخدمة العسكرية. فأصبح من تبقى منهم كالسلعة النادرة والثمينة التى لا يمكن الاستغناء عنها أو تعويض خبراتها. وكان الناس ينظرون إليهم كما ننظر نحن اليوم للطيارين أو رواد الفضاء، وتمنى إديسون أن يعمل بالبرق. وفى الخامسة عشرة من عمره تحقق طموحه وأصبح عامل برق مؤقت كبديل لآخر يعمل بسلاح الإشارة. غير أن عمله الجديد هذا لم يكن سهلا كما تصور، وبخاصة بالنسبة للبرقيات الصحفية المطولة. أضف إلى ذلك أنه كان يعانى من ضعف طبيعى فى السمع، لذلك سعى فيما بعد لتطوير نظام التشغيل البرقى بحيث لا يعتمد على السمع. وعندما

استغنت هيئة السكك الحديدية عن بعض بطارياتها العتيقة من طراز جروف التى تعمل بحامض النيتريك. اشتراها إديسون، واستفاد مما تحويه من مادة البلاتونيوم فى القيام بتجاريه فى مرحلة متأخرة من حياته. وفى السادسة عشرة من عمره اخترع جهازا للتوقيت الآلى يجيب على الإشارات الدورية لعمال النوبات الليلية للتأكد من يقظتهم.

وقد أدى النقص الشديد فى عمال البرق إلى إتاحة الفرصة للعمل لمن يتقن هذه المهنة. وهكذا إرتحل إديسون إلى الولايات الوسطى بين ديترويت ونيوأورليانز كعامل للبرق لمدة خمس سنوات، حتى أصبح فى الحادية والعشرين من عمره. وفى عام ١٨٦٤، عندما كان فى إنديانا بوليس، اخترع جهازا لتسجيل التقارير الصحفية السريعة، بحيث يمكن إعادة الاستماع إليها مرة أخرى ببطء. ويتكون الجهاز من قرص من الورق اللين يدور على قاعدة متحركة بحيث يتيح لإبرة مغناطيسية أن تتحرك فوقه بذبذبات معينة، هذه الإبرة تؤدى إلى عمل تضاريس أو علامات على هيئة دوائر حلزونية. ومع بساطة هذا الجهاز، فقد كان بمثابة البذرة لاختراعه العظيم للفونوجراف أو الجراموفون. وبدأ هذا الاختراع من ملاحظة إديسون أن احتكاك الأبرة بالقرص الورقى أثناء الإعادة يؤدى إلى صدور أصوات تشبه اللحن الموسيقى. فانبثقت فى ذهنه فكرة تسجيل الصوت البشرى عن طريق الأثر الذى تحدثه الذبذبات الصوتية على السطح المناسب.

وعاد إديسون للانشغال مرة أخرى بمهمته الأولى وهى البرق. وكان شديد الاهتمام بتطوير الأجهزة المستخدمة، بل والنظام كله بحيث يكون أكثر سهولة ويسرا، فتوصل إلى طريقة عملية للاختزال تساعد على كتابة البرقيات السريعة مباشرة وبطريقة متقنة وواضحة يمكن لأى إنسان أن يقرأها بسهولة. وبعد الحرب، تقابل إديسون مع أحد عمال البرق القدامى ممن لهم خبرتهم فى هذا المجال. فاقترح عليه اختراع جهاز يساعد على

تجنب تداخل الإشـارات، والتى تتـسـبب فى كـثـيـر من الأخطاء. وفى مـحـاولتـه إيجـاد حل لهـذه المشكلة، اخـتـرع إديسـون نظام التلغـراف الرباعى. وبمقتضى هذا النظام لا نتفادى تداخل الإشارات فحسب، بل ويمكننا إرسال أربع برقيات فى وقت واحد وعبر نفس السلك الواحد.

وكان ذلك أول اختراعاته الهامة فى هذا المجال. وكان نظام الإرسال الثنائى معروفا قبل ذلك. أى النظام الذى يسمح بإرسال برقيتين فى اتجاهين متعاكسين فى نفس الوقت وعلى نفس السلك. فما كان من إديسون إلا أن ابتكر طريقة تسمح بإرسال برقيتين معا فى اتجاه واحد فى نفس الوقت. ثم جمع ابتكاره هذا إلى النظام الثنائى السابق، فحصل على نظامه الرباعى. وأمكن الاستفاده من هذا النظام عمليا سنة ١٨٧٤ . ومما يذكر فى ذلك قوله إن الجهد العقلى الشاق الذى بذله فى هذا الموضوع ذهب بذاكرته.

وفى عام ١٨٦٨، عمل إديسون فى شركة الاتحاد الغربى لخدمات البرق. واخترع جهازا حرص على تسجيل براءته هو عبارة عن نظام كهربائى لتسجيل أصوات الناخبين بدقة وسرعة، من أجل الفصل بين المرشحين بشكل أسرع. وعند عرض الجهاز على المسؤلين فى واشنطن، أخبره رجال السياسة أن آخر شىء يرغبون فيه هو فرز الأصوات بسرعة. لأن ذلك يفسد عليهم مناوراتهم التكتيكية من أجل عرقلة خصومهم وكسب أصوات الناخبين. ومنذ ذلك الوقت قرر إديسون ألا يبدد جهوده فيما هو غير مطلوب. وفى أعقاب ذلك اخترع ما يمكن أن نعتبره التطوير الجذرى لنظام البرق وهو التلغراف الكاتب. وهو عبارة عن آلة كاتبة كهربائية يمكنها ترجمة الإشارات التى تتلقاها إلى حروف وأرقام وعبارات عادية. ثم مد خطوط هذه الالة إلى مكاتب السماسرة حتى يمكنهم معرفة تغير أسعار البضائع والخامات فوريا. نعم إن هويجز D.E hughes (١٨٣١ - ١٩٠٠) سبق إلى اختراع التلغراف الكاتب. لكن

التعديلات التى أدخلها عليه إديسون هى التى جعلت منه شيئا مفيدا من الناحية العملية. ومع ذلك، عندما ذهب إلى نيويورك لتسويق اختراعه هذا لم يجد من يشتريه. ولحسن حظه، كان فى هذه الفترة مشغولا ببحوث جديدة، فلم يشعر بهذه الصدمة. غير أن ذلك لم يمنع من أنه كان غارقا فى الديون نتيجة المصاريف الباهظة التى تكلفها اختراعه هذا. وفى عام ١٨٦٩، حصل على وظيفة جديدة فى نفس الشركة، وهى شركة الاتحاد الغربى للبرق. ولما كان تقريبا بلا مأوى، فقد اتخذ من حجرة البطاريات فى الشركة منزلا له يأوى إليه. وكانت الشركة مهتمة بإمداد المضاربين فى الذهب بالمعلومات البرقية عن تقلبات الأسعار. وخلال عمله درس أجهزة الشركة دراسة وافية.

ومع الفوضى المالية الشاملة التى عمت البلاد فى أعقاب الحرب الأهلية، ومع دورة آلاف الملايين من الدولارات الورقية، أصبحت نيويورك مسرحًا لحمى القمار الجنونية، والتى لم يشهد العالم مثيلا لها من قبل. ونازعت السكك الحديدية ملوك المال فى السيطرة على أمريكا واستغلالها. أما بالنسبة للسكك الحديدية، فقد إتجه فاندريلت لشرائها كلها وبخاصة تلك التى تخدم نيويورك. وفى نفس الوقت إحكام قبضته على تجارة المدينة ومعها معظم أجزاء القارة. وعلى الطرف الآخر، كانت خطة جاى جولد وجيم فيسك تتلخص فى احتكار سوق الذهب بعد ما تضاعفت قيمته أضعافا مضاعفة بسبب التضخم الناتج عن الحرب. ولا مانع فى ذلك من استخدام بعض الأساليب غير المشروعة.

وبينما الصراعات المالية بين نصر وهزيمة، كانت أسعار البضائع تتأرجح بين صعود وهبوط. وعجزت أجهزة البرق عن ملاحقة هذا الطوفان من التغيرات السريعة فى أسعار الذهب. وبدأت أعطال الأجهزة تتزايد نتيجة ضغط العمل. وتجمهر أصحاب البرقيات من رجال المال القادمين من وول ستريت وهم يتصايحون لم لا تصلهم ردود على

برقياتهم ليعرفوا آخر تطورات أسعار الذهب. وهرع مدير شركة البرق للمهندس المسؤول عن الأعطال يطلب منه بأن يبذل قصارى جهده لتشغيل الأجهزة. غير أنه بعد جهد طويل أعلن فشله عن معرفة أسباب الأعطال. وكان إديسون حاضرا. وأبدى استعداده لأن يقوم بالإصلاح. فصاح به مدير الشركة بأن يبدأ على الفور. وفى خلال ساعتين اثنتين استطاع إديسون أن يصلح الأجهزة ويستبدل بأجزائها التالفة أخرى سليمة. فما كان من مدير الشركة إلا أن عينه مديرا عاما للصيانة بأجر كان يعتبر حينئذ خياليا وهو ثلاثمائة دولار فى الشهر.

غير أنه مما لاشك فيه أنه كانت هناك صعوبات فى الحفاظ على نظام البرق وهو يعمل بكامل طاقته، فى ظل حمى الأسعار المتذبذبة للذهب. ولكن أديسون نجح فى الوصول به إلى أقصى تشغيل بدون أعطال. ولكن ضغط البرقيات الخاصة بالأسعار وصل ذروته فيما عرف بيوم الجمعة الأسود. ففى ذلك اليوم، فقد بعض المضاربين عقولهم فعلا. وكان من اللازم إغلاق البورصة فورًا خوفًا من أنهيار سوق المال تمامًا. وكذلك إلغاء التعاقدات بعدما وصلت الأمور إلى درجة من الإرتباك الذى لا علاج له. وفى الساعات الأخيرة من هذه الكارثة الاقتصادية، جلس إديسون على سطح مبنى الشركة يتفرج على الحشد المحموم، ويتأمل فى المولين الذين ضاعت ثرواتهم وهم فى حالة انهيار جسمانى كامل. وجاءه أحد زملائه فى الشركة مصافحًا ومهنئا وقال له: حمدًا لله فنحن لم نكسب من معاناة الناس شيئا، فرد عليه إديسون بأنه يشعر بالسعادة لفقره، ففى أمثال هذه المناسبات النادرة، لن تجد من هو أكثر بهجة من الفقير.

وما لبث إديسون أن اشترك مع صديق له يدعى بوب فى تأسيس شركة باسم «المهندسون الكهربائيون». فكان اسم الشركة بمثابة إعلان عن ميلاد مهنة جديدة هى هندسة الكهرباء. وكان إنتاج الشركة يتركز فى آلات التلغراف الكاتب، بعد أن أدخل عليه تعديلا هاما يجعل جميع

الأجهزة فى المكاتب المختلفة متواقتة زمنيًا فى عملية التشغيل ويكون لها نفس البداية الواحدة. ولم يدر إديسون أن هذا الاختراع سيدر عليه ثروة. فلدهشته وجد من يعرض عليه أربعين ألف دولار ثمنا لهذا الإختراع. وعلى الفور قبل العرض، ثم شرع فى استخدام المال فى تصنيع جهازه هذا على مستوى تجارى واسع. وكان ذلك عام ١٧٨٠ حينما كان فى الثالثة والعشرين من عمره. وكان يعمل معه فى ذلك الوقت رجلان هما برجمان وشوسكرت اللذان أسسا فيما بعد أكبر شركتين احتكرتا الأعمال الكهربائية فى ألمانيا. وكذلك كروسى الذى أصبح كبيرا للمهندسين فى الشركة العامة للأشغال الكهربائية فى شنستادى. ثم استخدم إديسون عنده مهندسا مرموقا عرف بذكائه الشديد هو كنيللى A.E Kennelly (١٨٦١ - ١٩٣٩) مكتشف ما يعرف بطبقة كنيلى - هيفسيد. هذه الشخصيات العلمية والهندسية البارزة التى عملت تحت إشراف إديسون تدل على قدرة خاصة لديه على قيادة وتوجيه من يمتلكون مواهب خاصة.

وفى المرحلة التالية، كثف إديسون جهوده لإحلال أجهزة البرق الآلى محل الأجهزة اليدوية. وصادفته فى ذلك صعوبة تتعلق بتشغيل الأجهزة بسرعة عالية. الأمر الذى يترتب عليه حدوث حث ذاتى أو داخلى فى الأجهزة يجعل الإشارة التلغرافية تطول إلى الضعف، بحيث تفقد دقتها. ولكنه تغلب عليها بأن استفاد من تيار الحث فى عكس التيار لحظيًا بحيث يفصل العلامات الكيميائية عن المسجل. وفى المعرض المئوى الذى أقيم عام ١٨٧٦، نال إديسون جائزة عن هذا الإختراع. ووصفه وليم طومسون بأنه «خطوة هامة على طريق تطوير البرق».

وفى عام ١٨٧٦، سجل جراهام بل اختراعه للتليفون، واستخدم فى صناعته رقيقة معدنية من الحديد. فعندما يتكلم الإنسان فى البوق فإن صوته يؤدى إلى نبذبة هذه الرقيقة. ولما كانت هذه الرقيقة موضوعة فى

مجال مغناطيسى، فإن ذبذبتها تؤدى إلى توليد تيار يتطابق مع التغيرات فى شدة الصوت. وعندما صمم التليفون فى البداية، لم يكن تصميمه يسمح له بالعمل إلا لمسافات قصيرة نظرا لضعف التيار. وعندئذ أدخل إديسون تعديلين عليه جعلا منه أداة مفيدة واسعة الإنتشار. أما التعديل الأولى فهو المرسل الكربونى الذى يمكنه تكبير التيار الناتج عن الصوت عدة مرات. ومن ثم يمكن الاستفادة من التليفون بالنسبة للمسافات الطويلة. ويتكون المرسل الكربونى من زر صغير من الكربون يضغط على الرقيقة المعدنية. وعندما تتذبذب تحت تأثير صوت المتكلم تتغير المقاومة بينها وبين الزر الكربونى. وهكذا إذا وضع الزر الكربونى فى دائرة الملف الأولى، ووضع المستقبل فى دائرة الثانوى، فإن التيار ذا الجهد العالى سيتولد فى دائرة الملف الثانوى والذى سيتغير بالطبع بتغير ذبذبة الصوت. نقول إن هذا التيار سيحمل الإشارات الصوتية إلى أبعد مسافة يمكن أن تضع عندها المستقبل. وسيتغلب الجهد العالى على مشكلة المسافة.

أما التعديل الثانى فهو جهاز تقوية لا مغناطيسى، يقوم بتلقى الرسائل البرقية ونقلها بقوة أكبر لمسافات أبعد. وتكمن أهمية هذا الجهاز فى عدم اعتماده على التقوية الكهرومغناطيسية. وهكذا أصبح لشركة الإتحاد الغربى التى كان يعمل بها جهازها الخاص المستقل عن أجهزة الشركات الأخرى. ويقوم الجهاز على خاصية معينة يتصف بها إصبع من الطباشير عندما يصبح موصلا للتيار عندما يكون رطبا. إذ يصبح حينئذ زلقًا بحيث ينزلق أى شىء يرتكز عليه. ومن ثم، يمكن التحكم فى رافعة معينة تستند إلى إصبع من الطباشير يسرى من خلاله التيار، بحيث نجعلها ساكنة أو منزلقة. وقد بادر إديسون بتنفيذ هذا التعديل حتى يحقق لشركته الاستقلال عن مستقبل بل الذى يؤدى نفس الوظيفة عن طريق رقيقة معدنية تتذبذب بحسب التيار الوارد إليها من المرسل. أى

عكس مرسل بل. فقام بتصنيع قضيب معدنى يستند إلى إسطوانة من الطباشير الرطب. أما الطرف الآخر للقضيب فمثبت على قرص من الميكا. وعندما تدور إسطوانة الطباشير ويسرى التيار خلالها، يبدأ القضيب المعدنى فى الانزلاق ويؤدى إلى تذبذب قرص الميكا. وبتذبذب القرص يتذبذب الهواء المحيط به بحيث يصدر نفس الأصوات التى صدرت من المتكلم على الطرف الآخر. هذا الجهاز الذى يعتبر مكبرًا للصوت يستمد طاقته من دوران الأسطوانة ومن المعروف أن جورج برنارد شو عمل فى صباه بائعًا فى شركة إديسون فى لندن. وكان عليه أن يشرح لزبائنه هذا الجهاز وتكبيره للصوت. ويبدو أنه وفق فى ذلك. إذ كثرت مبيعاته. وأنقذ شركة إديسون من التبعية لشركة بل.

وفى عام ١٨٧٦، أقام إديسون فى منيلوبارك، وهى ضاحية تبعد عن نيويورك حوالى خمسة وعشرين ميلا، يمتلك فيها منزلا. نقول أقام فيها معملا من طراز جديد يواصل فيه أبحاثه التطبيقية. واتجه بأبحاثه وجهة صناعية وتجارية. وأخذ على نفسه ـ كما سبق القول ـ ألا يخترع شيئا أو يجرى بحثا إلا إذا كانت هناك حاجة حقيقية إليه. وكان أول عمل كبير قام به فى منيلوبارك هو الجزء الخاص بالإرسال فى التليفون الكربونى. وفى عام ١٨٧٧ اخترع الفونوجراف أو الجراموفون. وانتقل فيه من آلية التسجيل التلغرافى لخدمة أغراض أخرى.

ثم اتجه بعد ذلك لميدان جديد هو تصنيع مصباح كهربى صغير وعملى يصلح لإنارة المنازل والمكاتب. وكان المصباح الذى يقوم على فكرة القوس الكهربى عند همفرى دافى، قد استغل تجاريا بشكل ناجح. ولكن عيبه الأساسى هو عدم القدرة على تصنيع وحدات صغيرة منه. بالإضافة إلى أن ضوءه كان كئيبًا وكثير التقطع. حقيقة، كان هذا المصباح مفيدا فى إنارة الأماكن العامة الواسعة. ولكنه لا يصلح بالتأكيد لإنارة الأماكن الضيقة أو المحدودة. وعاد إديسون لدراسة مصباحه الكهربائى مرة

أخرى بعد أن انتهى من الجراموفون. وكان يهمه بالدرجة الأولى دراسة اقتصاديات الإنارة ليعرف ما الذى يجب أن يتصف به المصباح ليصمد أمام المنافسة بالنسبة للمصباح الذى يستخدم الغاز، فوجد أن الضغط يجب أن يكون مرتفعا، بينما شدة التيار قليلة. وبذلك يمكن الاقتصاد فى الوصلات النحاسية. ومع ذلك، فالضغط لا ينبغى المبالغة فيه حتى لا يمثل خطورة أثناء الاستخدام. كذلك فحص إديسون قوة الإضاءة الناتجة عن الأشكال المختلفة للفتيلة المتوهجة، بما فى ذلك الفتيلة التى على شكل الملف. فوجد أن هذه الأخيرة لا تصلح لأن جزءاً منها يحجب ضوء الجزء الآخر. (كان الأساس العلمى للملف قد عرف منذ أكثر من نصف قرن).

على أن إديسون لم ينفرد وحده بتطوير المصباح الكهربى. بل شاركه كثيرون. ولكنه كان يتميز عليهم بالمنهج السليم والدراسة الكمية الدقيقة. ففى نيوكاسل صنع سوان J.W Swan (١٨٢٨ - ١٩١٧) مصباحا كهربيا كربونيا عام ١٨٦٠ . ولكنه كان سريع الإحتراق. ثم قام سبرنجل H.J.P Sprengel بتطوير جديد. فقدم مصباحه الزئبقى المفرغ عام ١٨٦٥ . ولكن سوان واصل أبحاثه على مصابيحه الكهربية. وسجل عام ١٨٧٧ براءة مصباحه الجديد الذى يقوم على تفريغ الانتفاخ الزجاجى من الغازات الناتجة عن اشتعال فتيلة الفحم.

وفى عام ١٨٧٩ أكمل إديسون مصباحه. ومع ذلك لم يجد هذا المصباح رواجا فى إنجلترا نتيجة انتشار مصباح سوان. وكان لابد أن يتحدا معا فى شركة واحدة تحمل أسميها هى شركة إدى - وان Ediwan للمصابيح.

وأثناء بحثه عن الفتائل الكربونية، استحضر إديسون فى ذهنه كل خبراته ومعلوماته القديمة عن الكربون عندما كان يعمل فى جهاز الإرسال الكربونى. وقام بستة آلاف محاولة، كان فى كل واحدة منها يقوم بتجربة نوع من ألياف النباتات كمصدر للفتيل الكربونى حتى وجد من

بينها واحدة هى أفضلها فى الإنارة هى ألياف نبات البامبو أو الخيزران. وفى جهوده لتطوير المصباح الكربونى، اهتم بإيجاد حل لمشكلة السناج الذى يسود باطن المصباح. ولاحظ أن السواد يقل عندما يتقاطع مستوى دائرة الفتيل مع السطح الداخلى للانتفاخ الزجاجى. واستدل إديسون من ذلك أن ذرات الكربون تنطلق من الفتيل المتوهج، بينما يعمل جزء آخر من الفتيل على إيقافها وتعويق طيرانها. فقام بصنع انتفاخ زجاجى يتضمن صفيحة معدنية موضوعه بين رجلى الفتيل ومربوطة بسلك مثبت بقاعدة سدادة المصباح. فإذا أوصلنا الرجل الموجبة للفتيل بالصفيحة المعدنية فإن تيارا ضعيفا سيسرى خلال السلك. بعكس لو أوصلنا الرجل السالبة للفتيل بالصفيحة المعدنية، فحينئذ لن يسرى التيار مطلقا بعبارة أخرى، فإن هذا النظام سيسمح بمرور التيار السالب وليس الموجب. وقد عرفت هذه الظاهرة باسم تأثير إديسون..

وفى ذلك الوقت حوالى عام ١٨٨٣، كان فلمنج J.AFleming يعمل ضمن المجموعة المتعاونة مع إديسون فى لندن. وبدأ دراسة منظمة على تأثير إديسون لكى يؤسس عليه اختراعه لصمام الراديو. وتبين له أنه من الممكن استخدام الصفيحة المعدنية فى الحصول على تيارات مستمرة من التيارات المترددة التى تستقبلها أجهزة الراديو. وفى عام ١٩٠٧ أضاف لى دى فورست Lee de Forest (١٨٧٣ ـ ١٩٦١) اختراعه للشبكة المعدنية. grid ليقوم الصمام بتكبير الموجات الصوتية فضلا عن تقويمه للتيار.

وقد أدى اختراع مصباح كهربى عملى وفى نفس الوقت اقتصادى، إلى شدة الطلب على القوى الكهربائية. لذلك إتجه إديسون بتفكيره لاختراع مولدات كهربية ضخمة جنبا إلى جنب مع نظم جيدة للتوصيل بكل ما تتضمنه من أجهزة وأدوات مساعدة. فاخترع مولدا هائلا. واستخدم الميكا لعزل الصفائح المكونة لحافظته المغناطيسية. فأصبحت

مقاومته الداخلية قليلة للغاية. واستخدم الأسلاك المعزولة. وقد كان جون هوبكنسن J.Hopkinson (١٨٤٩ ـ ١٨٩٨) أستاذ الهندسة التطبيقية بكمبردج قد توصل إلى التصميم الصحيح للمولد بحيث يتفادى «تأثير إديسون». وبشكل مستقل، ابتكر كل من هوبكنسن وإديسون كل على حدة النظام ثلاثى الأسلاك الذى يوفر قدرا كبيرا من أسلاك التوصيل النحاسية.

ولما كان إديسون على دراية أكبر بالتيار المستمر فقد استخدمه فى نظامه الخاص بالإنارة. حقيقة إن مزايا تشغيل مصابيح الإنارة بالتيار المتردد كثيرة. ولكن مشاكله أكثر. وأغلب هذه المشاكل كانت بدون حل حتى ذلك الوقت. وتسبب نجاح التيار المستمر فى إهمال التفكير فى مولدات التيار المتردد. وأدى تطور المحطات المركزية لتوليد التيار فى إيجاد صناعة كهربية ثقيلة، والتعامل مع توليد التيار الكهربائى كسلعة تجارية. وبينما كان سعر الكهرباء بالنسبة لتطور الخدمة البرقية هى آخر شىء يمكن التفكير فيه لآن الكهرباء المستخدمة ضئيلة لا تكاد تذكر. فقد اختلف الأمر بالنسبة للقوى الكهربية الكبيرة التى أصبحت تمثل العنصر الأول من حيث الأهمية.

وقد أشرف إديسون بنفسه على المصانع الجديدة لأنتاج المصابيح الكهربائية والمولدات والكابلات وأدوات التوصيل والتثبيت المختلفة الخاصة بنظامه فى الإنارة. وابتكر جهازاً لقياس استهلاك الكهرباء يعتمد على التحليل الكهربى. وبدأ فى بيع هذه العدادات للمشتركين. وقد سجل إديسون براءة ما يقرب من ألف اختراع أغلبها يتعلق بالأجهزة الكهربائية. وكانت شركته هى النواة التى توسعت ونمت حتى أصبحت فيما بعد هى الشركة العامة للكهرباء وأصبح معمل أبحاثه بدوره نموذجا أنشئت على غراره أشهر معامل الأبحاث لمؤسسات الكهرباء الكبرى.

الفصل الحادي والعشرون

المنهج العلمي في الصناعة

لاشك أن البحث العلمي يكسب العلماء خصائص فكرية هامة أبرزها النظام والدقة. وقد ثبت للعلماء من خبرتهم الطويلة أن هذه الصفات تيسر لهم الطريق إلى الاختراعات الجديدة. وهكذا، بعد أن استقر المنهج العلمي في عقولهم، وحقق لهم النجاح الذي يدفعهم للثقة به، تحولوا للاستفادة من تطبيقاته في تطوير الصناعة. وفي نفس الوقت تطويع الأجهزة الصناعية بحيث تكون في خدمة العلم.

وفي البداية، انحصر التقدم الصناعي في محاولة التوصل لطرق جديدة تستند إلى معرفة أعمق بالفيزياء. وكان ذلك في أوائل الثورة الصناعية. ولكن المهتمين بربط العلم بالصناعة لم يكتفوا بمجرد تطوير الطرق المستخدمة في التصنيع وأنتاج المواد المصنعة على نطاق واسع، كذلك البحث عن مصادر أكبر من الطاقة.

ومع نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، استحدثت بالفعل نماذج ملفتة للنظر تبرهن على استخدام الطريقة العلمية. فقد طبق الفيزيائي الفرنسي العظيم كولوم C.A Coulomb (١٧٣٦ ـ ١٨٠٦) الطريق العلمية في صناعة السلاح. أما المهندسان الكبيران ماثيو بولطن وجيمس واط ، فقد نجح ابناهما في وضع خطة منهجية لدراسة طرق التصنيع الآلي، سيان من جانبه الخاص بالحركة أو استهلاك الوقت،

لمعرفة أفضل الطرق من الناحية الاقتصادية فى إنجاز الأعمال التى يقوم بها الحرفيون الذين يعملون بأيديهم. كذلك قام إيزامبارد برونل (الأب) I.Brunel (١٧٦٩ - ١٨٤٩) بتأسيس صناعة بكرات الروافع بشكل موسع. وهى الصناعة التى لا تستغنى عنها البحرية البريطانية. أضف إلى ذلك القيام بعملية تحليل شامل لعملية التصنيع، وتقسيمها إلى أربعين عملية صناعية كل منها تتم عن طريق آلة معينة صممت لأداء غرض معين.

وفى نفس الإطار الخاص بتطبيق الطرق العلمية على الصناعة، اهتم تشارلس باباج C.Babbage (١٧٩١ - ١٨٧١) بدراسة الأسس النظرية لطرق تطوير الصناعة ومنذ أن كان طالبا فى كمبردج حوالى عام ١٨١٢، كان يعتقد بأن الأسلوب الأمثل لذلك هو جعل العمليات الرياضية آلية. وحفزه اعتقاده هذا لاختراع عديد من الآلات الحاسبة، آخرها آلة يمكنها من الناحية النظرية حل أى مسألة رياضية بدرجة معقولة من التقريب. وتوصل إلى المبادئ الأساسية للحاسبات الآلية الحديثة. بل وابتكر المصطلحات المستخدمة فى هذا المجال حتى اليوم. وكما استفاد جيمس واط من العلم فى تصنيع الآلات الجديدة، كذلك حاول باباج وضع الآلة فى خدمة العلم. وكان يتصور دائما أن البحث العلمى فى المستقبل سيصبح طريقة لإيجاد الحلول للمشكلات بطريقة آلية. وفى عام ١٨٣٨، ذهب إلى أن استخدام الحاسب الآلى فى النظرية الذرية، سيجعل علم الكيمياء فرعا من الرياضيات. بمعنى أننا إذا أعطينا خصائص الذرات، ففى وسعنا رياضيا أن نستدل منها كل أنواع العناصر التى يمكن أن توجد، وصفات كل منها.

وكابن باباج ابنا لأحد رجال البنوك. عاش فى جو مفعم بالأرقام والمعادلات الرياضية والإحصاءات. وتشرب بالروح الرياضية وأساليب التعامل بها. ومنذ طفولته أظهر نبوغا فى الرياضيات. فدفع به والده للالتحاق بجامعة كمبردج.

ولأنه كان غنيا، فلم يكن بحاجة لتطبيع عقله على الاهتمامات العقلية التقليدية فى كمبردج، والتى تركت بصمتها على العلم فى الانغماس فى التفكير النظرى الخالص فى نظرية نيوتن فى الفلك فى عصر ما قبل التصنيع.

ويبدو أن العلم كان أكثر تقدما فى فرنسا فى ذلك الوقت. فقد كان يقوم على أفكار حديثة. لذلك إتخذه باباج وغيره من أبناء جيله نموذجا لهم، هؤلاء من أمثال هرشل J.F.W.Herschel (١٧٩٢ - ١٨٨٦) وبيكوك B.Peacock (١٧٩١ - ١٨٥٨). وتحت تأثير الثورة الفرنسية، حققت الرياضيات تقدما ملحوظا. ومن صور هذا التقدم ابتكار النظام العشرى فى القياس. وهذا يتضمن ضرورة إعادة تحسيب الجداول الرياضية التى تستخدم عادة لتسهيل كل العمليات الحسابية. ولإنجاز هذا العمل الضخم بطريقة صحيحة، عقد مؤتمر علمى لقادة العلم الرياضى برئاسة دى برونى De Prony (١٧٥٥ - ١٨٣٩). وقرر التوصيات اللازمة لذلك. ولكن فى إحدى العطلات، قرأ برونى كتاب آدم سميث «ثروة الأمم». وفهم منه طريقة تقسيم العمل المستخدمة فى الصناعة فتأثر بها، وحاول تطبيقها على مشروع إعادة تحسيب الجداول الرياضية وفقا للنظام العشرى. وبناء عليه، حدد كبار علماء الرياضة المبادئ التى تقوم على طريقة التباينات، والتى بناء عليها ستنقسم عملية التحسيب إلى متوالية من عمليات الجمع والطرح البسيط، التى يمكن أن يقوم بها أى إنسان عادى غير متمرس فى الرياضيات. وبالفعل أنجز هذا المشروع اثنا عشر رجلا من الرياضيين الأكفاء بالإضافة إلى ثمانين رجلا عاديا للقيام بعمليات الجمع والطرح العادية. وهكذا استطاع هذا الفريق إعادة تحسيب الجداول المطولة بسرعة كبيرة.

وقد بهر باباج بهذا الإنجاز. وبتعمقه فى المبادئ التى تقوم عليها، تبين له أن أكثر العمليات الحسابية تعقيدا ترتد فى النهاية لعمليتى الجمع والطرح فقط. هاتان العمليتان يمكن إجراؤهما بطريقة آلية تقوم بها آلة معينة. وشرع فى تصميم هذه الآلة التى سماها بآلة التمييز أو التباين.

وبعد أن حققت آلته هذه قدراً من النجاح فى الإطار الذى صممت من أجله، بدأ باباج فى استرجاع العمليات التى تتم فى التحليل الرياضى. ومحاولة تطوير الآلة بحيث تقوم بها. ورأى أن تصميم الآلة الجديدة لابد أن تنقسم فيه إلى جزئين متقاطعين، تماما كما يتكون النسيج من نوعين من الخيوط المتقاطعة هما اللحمة والسداة. بل رأى أيضا أنه من الممكن الاستفادة من البطاقات المثقبة المستخدمة فى تحديد التصميمات المرغوبة فى أنوال تصنيع الجاكار. فهى تساعد فى التحكم فى عمليتى الجمع والطرح. وهكذا. بدأت أفكاره تكتمل شيئا فشيئا حتى انتهى إلى الآلة الحاسبة الحديثة. وأعطى لأجزائها وكذلك صفاتها أسماء مثل المعلومات المختزنة وطاحونة التشغيل والذاكرة الرياضية. ولم يتوقف عن استحداث تحسينات متوالية على آلته هذه حتى وصل بها إلى كفاءة رياضية عالية، لا تقل عن كفاءة أى آلة مماثلة صممت لتحقيق نفس الأغراض.

غير أن تصميم أى آلة حاسبة يستلزم معرفة حدود العمليات التى ستقوم بها والمسائل العلمية التى ستتولى حلها. وقد انشغل باباج بهذا الأمر بعض الوقت. وعندما انتهى منه وضع التصميم النهائى للآلة الحاسبة. ولكن للأسف كان تصنيعها يفوق الإمكانيات الهندسية والتكنولوجية المتاحة آنذاك، والتى انحصرت فى استخدام القضبان والعجلات، وقد احتاج الأمر قرنا بأكمله لكى يتاح تنفيذ هذا التصميم ويصبح آلة حاسبة حقيقية، بعد ما أمكن التحكم فى الإلكترونات الحرة واستخدامها بالفعل فى الحاسبات، بدلا من الطريقة البالية المتعلقة بالقضبان والعجلات. وعندما جاءت الحرب العالمية الثانية، شكلت بدورها ضغطاً لتطوير الحاسب الآلى نظرا للحاجة الماسة لتسهيل العمليات الرياضية التى تتطلبها المعدات الحربية. وبالاستعانة بالصمامات أولا ثم بعد ذلك بالترانزيستور أمكن تسخير الالكترونات للقيام بالعمليات التى تصورها باباج عن القضبان والعجلات. بل وتميزت الآلة الحاسبة الالكترونية بأنها أصغر حجما وأسرع إنجازا.

وقد تصور باباج أن العمليات الحسابية يمكن أن تتسع شيئا فشيئا بحيث تستفيد من إمكانات الآلة. وفى نفس الوقت تلبى أغراض الصناعة والتجارة. وفى كتابه «اقتصاديات النظام الآلى» الذى نشر سنة ١٨٢٨، أوضح كيف يمكن الاستفادة من مبادئ الحساب الآلى فى الوصول لأكفأ الطرق الخاصة بالعمليات الصناعية. وهو نموذج لما نسميه اليوم بدراسة الجدوى أو البحث الإجرائى. فكان بذلك يستبصر مبادئ الصناعة العلمية فى المستقبل. والحقيقة أن باباج بالنسبة لعصرنا هذا أى عصر الآلة، كنيوتن بالنسبة لعصر الملاحة.

الفصل الثاني والعشرون

تطبيق الرياضيات على علم الحياة

عندما استخدمت الرياضيات فى تحليل العمليات الصناعية فتحت الباب لظهور نوع جديد من الصناعة الآلية. وبالمثل أدى تطبيق نفس التحليلات على صفات الكائنات الحية إلى تحقيق فهم عميق وجديد لبنيتها والآلية التى تعمل بها. ولا شك أن التقدم العلمى بشكل عام يدين للرياضيات وقدرتها على الوصول للتفسيرات الشاملة التى تحيط بكل الوقائع والظواهر التى يقوم العلماء بدراستها. وهكذا تساعد الرياضيات العلماء فى اكتشاف النظريات العلمية، التى لها القدرة على استخراج كل ما تنطوى عليه الوقائع التجريبية من معارف غير مباشرة. وهكذا، تحرك الرياضيات خيال العلماء ليس إلى الحقائق الجديدة فقط، بل وأيضا تطرح عليهم مشكلات جديدة، ما كان لهم أن يعرفوا عنها شيئا لو اعتمدوا على المعرفةالتجريبية وحدها. وكلما كانت الوقائع التجريبية التى يتم بحثها قليلة العدد ومحددة بشكل دقيق، كلما كانت فرصة العلماء فى الإستفادة من الرياضيات فى تفسيرها والتنبؤ بما ستكون عليه مستقبلا أكبر وأضمن. حينئذ نستطيع أن نعتمد عليها فى تكوين تصورات صحيحة ودقيقة عن الطريقة التى ستتطور بها هذه الوقائع فيها بعد، ولعلنا نجد ذلك فى تحليلات جاليليو الرياضية الرائدة لظاهرة الحركة. وكيف أوصلته إلى التفسير الرياضى الصحيح للمسافة التى تقطعها المقذوفات.

وقد أدى النجاح الكبير الذى حققته الرياضيات فى مجالى الميكانيكا والفيزياء إلى الاعتقاد بأن القياسات الكمية والتطبيق الناجح للرياضيات يعتبر علامة على العلم الحقيقى. أو على الأقل علامة على العلم الناجح المتطور. وكان اللورد كالفن من أنصار هذا الرأى، فهو لم يقتنع يوما بأى معرفة علمية ما لم تخضع للقياس وتصاغ فى صورة قياسات رياضية.

هذه المكانة الرفيعة التى بلغتها المعالجة الرياضية للموضوعات العلمية المختلفة أغرت الباحثين بمحاولة الاستفادة منها فى علم الحياة، بهدف تحقيق تفسير شامل لعالم البيولوجيا. وبذلك يحققون فى علم الحياة ما حققه نيوتن فى علم الفيزياء. غير أن التطبيقات الأولى للرياضيات على ظواهر علم الحياة لم تحقق النجاح الذى كان يطمح إليه الباحثون وما علقوه من آمال؛ الأمر الذى جعلهم يفقدون الثقة فى إمكانية الاستفادة من الرياضيات فى هذا المجال الجديد. وكانت أبرز الصعوبات التى واجهوها هى العثور على الظواهر البيولوجية التى تتصف بالدقة والتحديد بحيث يمكن معالجتها رياضيا، تماما كما تستخدم الرياضيات بنجاح كامل فى تحديد قذائف المدافع ومد الخطوط الحديدية. أضف إلى ذلك أن الظواهر البيولوجية تتصف بالتنوع والتعقيد.

وأمام هذه الصعوبات اتجه كيتلى A.J.Quetlet (١٧٩٦ - ١٨٧٤) للأخذ بالأساليب الإحصائية فى دراسة سلوك الكائنات الحية، سواء الإنسانى منها أو غير الإنسانى. وعن طريق هذه الأساليب أصبح من الممكن اكتشاف صور النظام فى المعطيات الكثيرة والمتنوعة للظواهر البيولوجية. وقد جذبت هذه المحاولة إنتباه واحد من أبناء عمومة تشارلس داروين هو فرانسيس جالتون. F.Galton فحاول تطبيق الإحصاءات على تنوعات مختلفة من الظواهر البيولوجية. وتمكن من الوصول لبعض الصيغ الرياضية الدقيقة المعبرة عن أشكال التوالى المنتظم تتعلق بارتقاء الإنسان وتطور الخيول والكلاب والماشية. وحاول تفسيرها على ضوء نظرية ابن

عمه عن وراثة الصفات. وبالرغم من تراكم المعلومات التى جمعها دارون عن مسائل الوراثة، سيان بطريق التجربة والمشاهدة أو عن طريق القراءة والإطلاع، فقد ظلت نظريته فى الوراثة ناقصة. هذه النظرية تقوم على الاعتقاد بأن السبب الأساسى - وإن لم يكن الوحيد - لانبثاق صفات جديدة أو أنواع جديدة هو التراكم المستمر لعدد كبير من التغيرات الطفيفة، أى التغير الذى يسير فى خط متصل بحيث ينقلب فجأة إلى تغير كامل. وبشكل عام، فإن هذه النظرية لا تعتبر فى كليتها صحيحة. لذلك فشل جالتون فى فهم آلية الوراثة حينما اعتمد عليها. ومع ذلك تمكن من تقديم صيغة رياضية لصور التماثل والاختلاف بين الأقارب فيما يتعلق بالصفات دائمة التغير. وقد واصل البحث فى هذا الإتجاه، بالاستعانة بنظريات رياضية متطورة،إثنان من العلماء هما بيرسون K.Pearson (١٨٥٧ - ١٩٣٦) وويلدن W.F.R.Weldon (١٨٦٠ - ١٩٠٦).

وفى الوقت الذى كان فيه جالتون يواصل تطبيقاته للأساليب الإحصائية على الظواهر البيولوجية، كان الراهب الأوغسطينى جريجور مندل[١] Q.Mendel (١٨٢٢ - ١٨٨٦) الذى ولد فى برنو يجمع عقليا وتجريبيا المعطيات التى سيؤسس عليها نظرية رياضية جديدة فى علم الوراثة. وكان البستانيون طوال المائة عام السابقة قد قاموا بجهود كبيرة فى مجال التهجين تمخضت عن قدر هائل من المعلومات عن النباتات المزهرة. استطاعوا خلالها استنباط نباتات جديدة لحدائق الزينة الخاصة

(١) ولد جريجور مندل بمدينة برنو بالنمسا لعائلة ريفية. وبعد مرحلة التعليم المتوسط عمل مدرسا بمدرسة الدير الاوغسطينى. ثم رسم كاهنا. وخلال وجوده بالدير، درس الفلك والأرصاد الجوية وعلم النبات. وفى نفس الوقت أنهى دراسته بكلية الفلسفة بجامعة فيينا، حيث درس فيها الكيمياء والفيزياء والرياضيات العليا، بالإضافة إلى علوم الحيوان والنبات. وفى الفترة بين ١٨٥٦ - ١٨٦٣ قام بتجاربه الكلاسيكية لتجهيز السلالات النقية من نبات البازلاء التى تختلف فى إحدى الصفات المتضادة. وكان يجرى تجاربه فى حديقة الكنيسة. وقد عرض نتائج ابحاثه على جمعية باحثى علوم الحياة بجلستها التى انعقدت فى برنو عام ١٨٦٥. ثم نشرها فى كتابه «تجارب على تهجين النباتات» سنة ١٨٦٦. (المترجم)

بكبار الإقطاعيين. كذلك استطاعوا تحسين سلالة الخضروات العادية التي يستهلكها الناس. وكان الاهتمام بالنباتات جزءا من حياة الراهب، سيان لأسباب جمالية، أو للاستفادة من الإقطاعيات التى تملكها الكنيسة لتوفير احتياجات الأديرة من الخضروات. ولا يفوتنا أن مندل نفسه كان ابنا لفلاح بسيط. لذلك كان طبيعيا أن يهتم بالبحوث البستانية. وكرس نفسه لبحوث التطعيم والتهجين للنباتات علاوة على تربية النحل ودراسة الظواهر الجوية.

وكباحث متخصص فى نباتات الزينة، كان مندل على دراية بالقواعد الحسابية التقريبية التى وضعها المشتغلون بتهجين النباتات والخاصة بتقدير عدد الأجيال اللازمة لظهور نوعيات معينة من النباتات عن طريق التهجين. ويتوقف عدد الأجيال على النسب ١/٢، ١/٤، ١/٨... ألخ. هذه النسب جذبت انتباهه لنبات هام يتميز بثبات العلاقات الوراثية لصفاته هو نبات البازلاء. وخطر بباله أنه لو قام بتهجين نبات البازلاء عبر عديد من الأجيال، فربما اهتدى إلى ما يبحث عنه وهو آلية الوراثة أو القوانين المفسرة لها. وفى عام ١٨٥٤، بدأ مندل سلسلة من تجارب التهجين استمرت ما يقرب من العشر سنين، ثم نشر نتائجها فى سنة ١٨٦٦. ويبدو أنه توصل بالفعل لصياغة النظرية الصحيحة للوراثة من خلال معلوماته عن تهجين البازلاء، وبشكل سابق على قيامه بتجاريه. فذهب إلى أن الصفات الوراثية تنتقل من جيل إلى آخر عن طريق وحدات أو عوامل وراثية مستقلة، وأن هذه العوامل يمكن أن تنتقل عبر عديد من الأجيال دونما تغيير. وعلى هذا النحو أمكن أخيرا الوصول إلى التصور الذرى للوراثة. أى الذى يعتمد على وحدات بالغة الصغر. وفى نفس الوقت إخضاعها للتعبير الرياضى. وما كان مندل ليحقق هذا لولا درايته الكاملة بالرياضيات.

عرف مندل أنه إذا كانت الصفات الوراثية للبازلاء لها هذه الطبيعة، فإننا إذا قمنا بتهجين نوعين منها يختلفان فى صفة واحدة، فإن هذه الصفة ستظهر

فى الجيل الأول على هيئة نسبة قابلة للصياغة الحسابية البسيطة. مثال ذلك: أن هذه الصفة ستظهر فى ربع أفراد الجيل الأول دون ثلاثة أرباعه الأخرى. أى بنسبة ١:٣. أما إذا كان التهجين بين نوعين يختلفان فى صفتين بدلا من واحدة، فإن هاتين الصفتين تظهران بنسب ٩:٣:٣:١. وكلما تزايدت الصفات، أصبحت النسبة أكثر تعقيدا وإن ظلت تمثل توزيعات قابلة للحساب.

ولكى يتحقق من النتائج التى توصل إليها، قام مندل بكثير من تجارب التهجين على البازلاء، فوجدها جميعها تؤدى إلى نفس التوزيعات الرياضية بدرجة مقبولة من الدقة. وقد أدرك المضامين الحقيقية للأبحاث التى يقوم بها. وعرف أنها تقود فى النهاية إلى نظرية داروين فى التطور. وعندما نشر مندل تفسيره للنتائج العلمية التى توصل إليها فى الصحيفة المحلية للتاريخ الطبيعى فى برنو، لم يعره أحد التفاتا. ويعود السبب فى ذلك إلى أن هذه المدينة كانت جزءا من الإمبراطورية النمساوية، وتلك بطبيعتها كانت بعيدة عن مراكز البحث العلمى المعاصر فى أوروبا، والتى تنحصر فى إنجلترا وألمانيا وفرنسا. وكانت أفكار داروين أكثر إنتشارا وانسجاما فى أوروبا الغربية المزدهرة صناعيا. ولم يكن العلماء يتصورون أن تخرج من برنو - هذه المدينة المغمورة - أية كشوف علمية. وشيئا فشيئا خلال الأربعة وثلاثين عاما التالية، توالت كشوف مندل العلمية. وأخذت طريقها إلى المحافل العلمية وعرفها الناس. وتضافر على نشرها بشكل مستقل وإن كان فى وقت واحد، ثلاثة من العلماء هم دى فرايز H.De Vries (١٨٤٨ - ١٩٣٥) وكورينز C.E.Correns (١٨٦٤ - ١٩٣٣) وتشيرماك E.Tschermak (١٨٧١ - ١٩٦٢).

وبعد ما أصبحت الطبيعة الذرية للعوامل الوراثية حقيقة مستقرة، اتجه علماء الحياة لمعرفة الأساس الذى تقوم عليه. فاتضح لهم أن العوامل الوراثية ما هى إلا جسيمات ملونة توجد على هيئة خيوط فى أنوية الخلايا الحية وتسمى بالكروموزومات. وهى بحكم بنيتها العضوية الخاصة تقوم بالوظيفة التوريثية للصفات.

وفى عام ١٩١١، بدأ ثلاثة من العلماء هم مورجان T.H.Morgan (١٨٦٦ ـ ١٩٤٥) ومـولر H J Muller (١٨٩٠ ـ ١٩٦٧) وبريدجـز C B Bridges (١٨٨٩ ـ ١٩٣٨) تجـاربهم على نوع من ذباب الفـاكـهـة هو ذبابة الموز، المعروفة علميا باسم دروسوفيلا ميلانوجاستر. ويرجع اختيارهم لهذه الذبابة بالذات إلى أنها سريعة التوالد بحيث يمكن استخلاص النتائج بشكل أسرع. فضلا عن أن كروموزوماتها سهلة التمييز. وقد جمعوا قدرا كبيرا من المعلومات التى تثبت أن العوامل التى أشار إليها مندل تكمن بالفعل فى الكروموزومات. واستطاعوا تحديد موضع هذه العوامل على خيوط الكروموزموات. وعرفت هذه العوامل فيما بعد باسم الجينات. وعرف العلماء الكثير عنها سيان من حيث عددها أو بنيتها العضوية. وساهمت فى تفسير حدوث الاختلافات الطفيفة فى الصفات الوراثية والتى تحدث عنها داروين من قبل.

وفى عام ١٩١٨، أثبت فيشر R.A.Fisher (١٨٩٠ ـ ١٩٦٢) أن النتائج الرياضية التى توصل إليها بيرسون ويلدون، تلزم بالضرورة عن نظرية مندل فى الوراثة. ثم أكد هذا المعنى بعد التقارب الكبير الذى حدث بين آراء جالتون ونظرية مندل من خلال التجارب العلمية المضبوطة وكذلك التحليلات الإحصائية. هذه الآراء التى توصل إليها جالتون تكشف عن سلوك الجينات ككل من حيث توريثها لصفة من الصفات. ولا يختلف الأمر عن ذلك بالنسبة لمندل سوى أن نظريته تشرح سلوك الجينات بشكل تفصيلى مستفيض. ومن ثم، تكاملت النظريتان تكامل العام والخاص، أو الشامل بالمحدد.

أما فيما يتعلق بنظرية مندل فى الوراثة ونظرية داروين فى الانتخاب الطبيعى، فقد كان من الصعب التوفيق بينهما وبخاصة فى المراحل الأولى لتطور نظرية مندل. ذلك لأن العوامل المورثة التى تحدث عنها مندل بدت وكأنها ثابتة لاتتغير. وكان مندل يعرف أن نظريته تتعارض

ونظرية دارون، بل وتسبب لها المشاكل فى التفسير. غير أن البحوث التالية اليتى قام بها مندل أثبتت أن العوامل الوراثية ليست ثابتة دائما. بل أحيانا ما تتعرض لتحولات فجائية تنحرف بها عن الصفات المستقرة. وفى عام ١٩٣٠، أوضح فيشر أن الكائنات العضوية التى تتعرض لأمثال هذه التحولات، يمكن أن تتميز بحسب قانون الانتخاب الطبيعى ثم تتطور بيولوجيا على النحو الذى نشاهده فى الطبيعة وأكدته الداروينية. وهكذا يتم التصالح بين المندلية والداروينية.

وقد عرف العلماء الكثير عن الجينات ووظيفتها بعد ذلك، وتبينوا أنها تتكون بشكل أساسي من حامض D.N.A (حامض ديوكسي رايبونوكليك)[١] ذي البنية اللولبية.

وقد توصل إلي ذلك اثنان من العلماء هما واطسون J.D Watson (ولد عام ١٩٢٨) وكريك F.H.C Crick (ولد عام ١٩١٦)، وكان ذلك سنة ١٩٥٣. ويتصف هذا الحامض بقدرته علي الانقسام بطول جزئياته إلي نصفين، كل نصف منها له بدوره القدرة علي استيعاب جزئيات جديدة من البيئة المحيطة به. وهكذا يتحول كل نصف إلي شكل لولبي كامل. وعلي هذه الآلية الانقسامية يستند نقل الصفات الوراثية.

وليس من الصعب إدراك وجه التشابه بين الآلية الوراثية والآلية التى يعمل بها أى حاسب آلى. فكلاهما له برنامج يغذى به. وكما أن الحاسب الآلى لابد له من برنامج خاص لكى يحل مسألة معينة. كذلك تقوم الآلية الجينية فى الخلية ببرمجة المادة الكيميائية التى فى بيئتها بحيث توجهها لبناء الكائن العضو بمواصفات معينة. وهكذا يتشابه الحاسب الآلى مع

(١) حامض D.N.A من أهم أنواع الأحماض النووية. ووزنة الجزيئى كبير جدا يصل إلى المليون. وهو يوجد فى نويات الخلايا ويكون الجزء الأكبر من مادتها الجافة. وهو مركز التحكم الرئيسى فى نقل الصفات الوراثية فى الكائنات الحية عن طريق تواجده فى مراكز تكوين البروتينات. وإذا فصل الحامض من مزرعة ميكروب مرضى مثل الإلتهاب الرئوى ثم أضيف لمزرعة ميكروب غير مرضى، فإن الأخير يتحول إلى ميكروب مرضى. (المترجم)

الكائن العضوى من حيث ذاكرته الآلية وقدراته التنبؤية الصادقة. وفى نفس الوقت تتشابه الآليات الداخلية للكائنات الحية مع الحاسبات الآلية بشكل مدهش. هذا التشابه بينهما يدفع إلى الاعتقاد بأنهما معا يتطوران عبر خطين متقاربين. ومن يدرى، لعل المستقبل يحمل لنا مفاجأة هى أنهما كلاهما يقومان على نفس المبدأ الواحد.

الفصل الثالث والعشرون

الـــذرة

يعتبر التقدم الذى أحرزته علوم الكيمياء والفيزياء والكهرباء من بين العوامل الهامة التى ساعدت فى تحديد طبيعة الذرة ومعرفة حقيقتها. فقد مهدت هذه العلوم للبحث فى خصائصها، من أجل معرفة كيف يمكن تحطيمها صناعيا، وتحرير الطاقة الكامنة فيها والتى تعرف بالطاقة الذرية. وتحرير هذه الطاقة يمكن أن يتخذ إحدى صورتين، فإن وقفنا عاجزين عن السيطرة عليها، كنا أمام القنبلة الذرية. وإن استطعنا وضعها تحت السيطرة، أفاضت علينا من طاقتها فيما هو معروف فى العالم كله عن محطات القوى النووية، أو المفاعلات الذرية. ومع ذلك فالتحطيم أو الانشطار النووى ليس هو الوسيلة الوحيدة لاستخراج الطاقة من الذرة. ولكن هناك وسيلة أخرى أحدث، وفى نفس الوقت أكثر ثراء فى طاقتها هى الاندماج النووى. وعلى المستوى الكونى، فالإندماج النووى ليس بالجديد، وإنما نستطيع أن نجده فى النجوم. ومن ثم، فالاندماج النووى يخص علم الفلك، ربما أكثر من علم الفيزياء. وإذا كان علم الفلك قد ساهم فى الماضى فى الزراعة والملاحة، فلعله يساعدنا فى المستقبل فى توفير الطاقة للصناعة. وليس من قبيل المصادفات إذن أن تكون أبحاث الفضاء قد ساهمت حقيقة فى تطوير التكنولوجيا الصناعية. وكانت ومازال أبحاث الفضاء هى القوة الدافعة والحافز الذى يستلهمه

علم المستقبل. تماما كما كانت الكشوف الجغرافية فى الماضى هى الحافز على تطوير العلم وتطبيقاته التكنولوجية.

وللنظرية الذرية تاريخ طويل. وأول من ابتدع فكرة الذرة(1) هم الأغريق القدماء. وكانوا يريدون بها تفسير ما يتناوب الطبيعة من تغير وثبات. بمعنى أنه إن لم يكن هناك حد أخير لابد أن يتوقف عنده انقسام المادة، فستظل الطبيعة فى سيلان دائم وتغير مستمر. ولن نجد شيئا ما مستقراً أبداً. وسنعجز عن فهم كيف يمكن أن توجد الأشياء الثابتة كالحجارة مثلا.

وفى عصر النهضة، تزايدت المعرفة بحقائق الأشياء المادية والتغيرات التى تطرأ عيلها. وتمسك الفلاسفة الطبيعيون بفكرة الذرة وأكدوا عليها(2). وذهبوا إلى أن ما تتصف به الأشياء من خصائص فيزيائية وكيميائية، وكذلك ما يحدث لها من تغيرات إنما هو نتيجة لما يحدث بين ذراتها من تفاعلات فقد ذهب بيكون مثلا إلى أن ذبذبات الجزئيات الدقيقة للمادة التى تحدث نتيجة لحركتها هى السبب فى ظاهرة الحرارة. أما نيوتن؛ فقد افترض أن الضوء يتكون من جسيمات ذرية دقيقة وليس من موجات. بينما فسر الكيميائيون عملية الاحتراق بأنها تبادل الجسيمات النارية بين المواد. أما ظاهرة التمدد بالتسخين، فهى تجد تفسيرها فى أن حركات الجسيمات المكونة للأشياء الساخنة تكون أوسع مدى. ومن ثم فهى تشغل حجما أكبر وهى ساخنة عنها وهى باردة.

وقد جرت محاولات لتأسيس النظرية الذرية للمادة على قواعد رياضية. غير أنها لم تكن بالمحاولات السهلة. فأول محاولة للاستدلال

(1) وثمة فكرة مبهمة عن وجود ما لفرض الذرة فى الفلسفة الهندية القديمة (المترجم)

(2) كان العالم الفيزيانى حتى قرابة النصف الثانى من القرن الثامن عشر، يسمى بالفيلسوف الطبيعى. نتبين ذلك من مؤلف نيوتن الرئيسى + ١٧٢٤ «المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية»، ومؤلف دالتون الذى صدر عام ١٨٠٨ بعنوان «نظام جديد للفلسفة الكيميائية».

الرياضى لقانون بويل من تصور الغاز باعتباره جسيمات متحركة، لم تحدث إلا عام ١٧٣٨، عندما استطاع دانيال برنولى D.Bernoulli (١٧٠٠ - ١٧٨٢) حل هذه المشكلة. وهكذا توصل رياضيا إلى أنه فى حالة ثبوت ضغط الغاز، فإن حجمه يتزايد طرديا بتزايد حرارته. غير أن هذا الكشف عن تأثر حجم الغاز بدرجة حرارته عند ثبوت الضغط لقى تجاهلا غير متوقع. ثم أعاد تشارلز J.A.C charles (١٧٤٦ - ١٨٢٣) اكتشافه تجريبيا مرة أخرى، ونشره سنة ١٨٠٢. وفى القرن الثامن عشر، توارت النظرية الذرية بعض الشىء عن الذاكرة العلمية نظرا للصعوبات التى تكتنف تفسيراتها للظواهر. ومع بداية القرن التاسع عشر، بدأ نجم النظرية فى السطوع من جديد بعد أن تجمعت كثير من الوقائع والمعلومات الجديدة، ساهم فيها عديد من العلماء وعلى رأسهم لفوازييه، كانت قابلة للتفسير عن طريق النظرية الذرية وتلائم المفاهيم الفيزيائية والكيمائية بشكل مدهش.

وقد بذل جون دالتون جهدا واضحا فى التوفيق بين النظرية الذرية وبين الحقائق الكيمائية والفيزيائية. وينتمى دالتون إلى جماعة الكويكرز الدينية. وفى فترة من حياته أدار مدرسة للأطفال فى قرية كندال بمدينة شمبرلاند. وقد شغف بدراسة الرياضيات والعلوم الطبيعية. وكان يجرى بعض التجارب لإشباع ميوله المعرفية. وقد لفت نظره كتاب نيوتن «المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية» فبدأ يهتم بالنظرية الذرية. ولأنه كان يعيش بجوار بحيرة ديستركت، فقد جذبته عوامل البيئة والطقس والمناظر الخلابة حتى أنه وجد نفسه مدفوعا لدراسة علم الأرصاد الجوية. واستطاع أن يجمع بين ملاحظاته عن الطقس واحتفظ بها لعقود طويلة، جنبا إلى جنب مع إجراء التجارب العلمية التى استلهم منها معرفة أعمق بالظواهر الجوية. ومن خلال ملاحظته لتأثير الحرارة فى الهواء، أعاد اكتشاف قانون برنولى وتشارلس عن تأثير الحرارة فى حجم الغاز عند ثبات الضغط. وكان ذلك عام ١٨٠١. وفى نفس الوقت

أوصلته دراساته عن تأثير بخار الماء فى الهواء إلى معرفة أن الغازات المختلفة، يمارس كل منها ضغطا خاصا به مستقلا عن بقيتها.

وقد قام دالتون بتحليل الهواء. وذهب إلى أنه خليط متجانس يتركب من النيتروجين والاكسجين وثانى أكسيد الكربون وبخار الماء. ورأى أن النظرية الذرية التى عرضها نيوتن قادرة على تقديم تفسير مقبول لقانونه عن الضغوط المستقلة للغازات، وعن تجانس الهواء الجوى. فطالما أن جسيمات الغازات المكونة لخليط ما تحتفظ بتفردها دون أن تتحد ببعضها كيميائيا أو ذريا، فلابد أن يكون لكل منها تأثيره المستقل. كذلك بالنسبة للهواء الجوى. فبالرغم من اختلاف كثافة مكوناته الغازية فهو متجانس. ويعود ذلك للحركة الدائبة والمتداخلة بين جسيمات مختلف الغازات، بحيث تمتزج امتزاجا كاملا.

وهكذا استطاع دالتون ببحوثه فى الظواهر الجوية وفى الفيزياء التوصل للدليل التجريبى على صدق النظرية الذرية. ولكنه لم يتوقف عند هذا الحد. بل وجد فى النظرية الذرية تفسيرا للتطورات العلمية الكبيرة التى حققها لفوازييه واالكيميائيون الفرنسيون فيما يتعلق بتحديد النسب الدقيقة لارتباط العناصر المختلفة ببعضها. وقاده ذلك لتمييز ثلاثين عنصرا على الأقل، عدا المركبات الكميائية الأخرى. وبناء على ذلك افترض أن ذرات العنصر الواحد متماثلة. وأنها مصمتة لا تقبل القسمة بأى طريقة معروفة. وذرات كل عنصر ثابتة ومحددة فى وزنها وخصائصها. أما المركبات الكيميائية فتتكون من اتحاد ذرات العناصر المختلفة بنسب عددية بسيطة.

بذلك يكون دالتون قد شمل بتفسيره الذرى جميع مجالات علم الكيمياء وابتكر نظاما للتعبير الرمزى، لعله أقدم نظام من نوعه، وأولها فيما يتعلق بالصيغ الكيميائية فى صورتها الذرية، ومايزال قيد الاستخدام حتى الآن. ولتعميم الفائدة من نتائج بحوثه، عرضها بشكل منهجى منظم، ونشرها فى كتابه «نظام جديد للفلسفة الكيميائية» عام ١٨٠٨.

غير أنه انقضى ما يقرب من النصف قرن قبل أن تؤتى نظريته الذرية الكيميائية أكلها كاملا. وربما كان السبب فى ذلك أنه لم يستطع أن يتصور أن جزىء الماء يتكون من ذرتى هيدروجين وذرة اكسجين مرتبطين معا، فلما جاء أفوجادرو A.avagadro (١٧٧٦ - ١٨٥٦) عام ١٨١١، أوضح أنه من الممكن التغلب على هذه الصعوبة اذا إفتراضنا أن الحجوم المتساوية من الغازات تحتوى على نفس العدد من الجسيمات فى الظروف الواحدة. وسمى هذه الجسيمات «بالجزيئات». وإذا كان فرض أفوجادور لم يفهم جيدا فى حينه، فقد أعاد كانيزارو اكتشافه من جديد عام ١٨٥٤. أى بعد مرور ما يقرب من نصف القرن.

وفى منتصف القرن التاسع عشر، وجد الكيمائيون أنه من الممكن أن يستفيدوا فائدة كبيرة من استخدام مفهوم الذرة بمعناه الكيميائى. فى تفسير كيفية تكوين وكذلك بنية المواد المختلفة، وبخاصة المركبات الكربونية. وبنهاية القرن كانوا بالفعل قد توصلوا إلى تصور مكتمل، بل وتطبيقى كذلك عن تكوين وبنية آلاف من المواد والتركيبات الكيميائية الهامة، وكان لابد لهذا النجاح من أن يعطى الثقة لعلماء الكيمياء فى الوجود الحقيقى للذرة الكيميائية. أى أنها ليست مجرد تصور مفيد فحسب. وانتقل الاعتقاد فى وجود الذرة إلى الإيمان بثباتها وعدم قابليتها للتغير. ولما كانت أصغر كمية من المادة يمكن أن توزن بالطرق البدائية التى كانت متاحة فى القرن التاسع لا تسمح بالتعامل مع الذرات المفردة أو عدد صغير منها، اى أن كمية المادة التى يمكن أن توزن كانت كبيرة نسبيا بحيث تحتوى على ملايين من الذرات. لذلك كانت كل الخصائص التى يمكن مشاهدتها مباشرة عن الذرات تتعلق بالأعداد الكبيرة منها أو تجمعاتها الهائلة. أما خصائص الذرات المفردة، فيتم التوصيل إليها استدلالا بطريق نظرية المتوسطات. غير أن العلماء بشكل عام كانوا مقتنعين بأن الذرة الواحدة تتصف بالثبات المطلق.

وفى نفس الفترة، أى منتصف القرن التاسع عشر، كان هناك ما يشبه الإجماع بين العلماء على أن هناك ارتباطا بين خصائص العناصر الكيميائية وبين ترتيبها الدورى. وأن ذلك يعد دليلا من وجهة نظرهم على وحدة الأصل الذى جاءت منه هذه العناصر، وهو الذرة. وأن ما بينها من اختلافات يعود لبنيتها أو تركيبها فقط، ويعود الفضل فى إنجاز هذا الجانب النظرى الهام من البحث الكيميائى للعالم الروسى مندليف D.I.Mendeleev(١٨٣٤ ـ ١٩٠٧)، فقد بدأ عام ١٨٦٩ بتصنيفه للعناصر الكميائية المعروفة آنذاك بحسب خصائصها الكيميائية، فتبين له أن العناصر الكيميائية يحكمها نظام دورى دقيق يتوقف فيه العنصر وخصائصه على وزنه الذرى، وأن العلاقات التى تربط الذرات ببعضها كما تتكشف لنا، علاقات واسعة ومعقدة. وبمراجعته لجدوله الذى عرف فيما بعد بجدول مندليف، وجد أن هناك ثلاث ثغرات خالية من العناصر. هذه الثغرات تتطلب عناصر لم تكن قد اكتشفت فى ذلك الوقت. وبتحديد خصائص هذه العناصر بمقارنتها بغيرها فى الجدول، أمكن لمندليف أن يتنبأ بها قبل اكتشافها. وهكذا عرف العالم فيما بعد هذه العناصر الثلاثة، وهى الجاليوم والاسكانديوم والجرمانيوم. وقد اكتشفت فى سنوات ١٨٧٤، ١٨٧٩، ١٨٨٥ على التوالى. وجاءت خصائصها متطابقة إلى حد كبير مع تنبؤات مندليف. وبناء على جدوله المشهور، استطاع عدد من العلماء وأبرزهم ليون بلاى أن يقرروا أن الذرة، بعكس ما ذهب دالتون، قابلة للتحول من الناحية الكيميائية.

غير أن الرأى العام العلمى ظل متمسكا بالاعتقاد القديم عن عدم قابلية الذرة للتحول أو التغير، حتى تم اكتشاف الإلكترون عام ١٨٩٧، ورأى العلماء أن وجود جسيمات أدق من الذرة ومشحونة كهربيا، وكتلتها تساوى تقريبا ١/١٠٠ من كتلة ذرة الهيدروجين[1]، فضلا عن

(١) النسبة الصحيحة لكتلة السكون للإلكترون بالنسبة لكتلة ذرة الهيدروجين هى $\frac{١}{١٨٣٦}$ (المترجم).

أن ذرات العناصر المختلفة تنطوى على نفس هذه الجسيمات، أى الإلكترونات. كل ذلك، كان فى رأيهم دليلا على أن الذرة من الناحية الكيميائية لا تختلف عن غيرها من الذرات الأخرى فى مكوناتها، بل فى تركيبها الداخلي أو بنيتها والطريقة التى تأتلف بها الإلكترونات وعددها داخل الذرة. وهذا معناه إمكانية تحول ذرة عنصر ما إلى ذرة عنصر آخر، ولو من الناحية النظرية على الأقل. غير أن ائتلاف الإلكترونات ببعضها داخل الذرة وهى كلها ذات شحنة واحدة سالبة، لايتسق وقوانين الطبيعة. أى قانون تنافر الشحنات المتماثلة. وطالما أن الذرة تمثل نظاما مستقرا، فلابد من افتراض وجود جسيمات أخرى موجبة الشحنة. وهكذا اتجهت جهود العلماء فى الأعوام الأولى من القرن العشرين لتصور البنية الداخلية للذرة ومواضع الإلكترونات فيها. وكان أول من طرح تصوره عن الذرة هو طومسون. واستند فيه إلى الطريقة التى تتشتت بها الأشعة السينية حينما تصطدم ببعض الرقائق المعدنية. فذهب إلى أن الإلكترنات توجد فى الذرة على هيئة طبقات متتالية. ثم حاول هو وتلميذه باركلا C.GBarkLa (١٨٧٧ ـ ١٩٤٤) التحقق من ذلك تجريبيا. وكذلك حساب عدد الإلكترونات فى الذرة. واستطاعا الكشف عن وجود علاقة بين هذا العدد وبين الخصائص الكيميائية للذرة.

وفى نفس الوقت الذى كان فيه البحث النظرى يسعى لمعرفة بنية الذرة، تم اكتشاف النشاط الإشعاعي على يد بيكريل أولا. ثم أعقبه بييركورى P.Curie (١٨٥٩ ـ ١٩٠٦) وزوجته مارى كورى (١٨٦٧ ـ ١٩٣٤) باكتشاف الراديوم المشع. وقد أدى ذلك إلى حدوث ثورة حقيقية فى العلم. وربما كان الراديوم على وجه التحديد هو أكثر العناصر مساهمة فى كشف ظواهر النشاط الإشعاعى بما يتميز به من قوة إشعاعية عالية. وكان أول مالاحظه بييركورى وزوجته أن الراديوم لايفقد شيئا تقريبا من وزنه بالرغم من تدفق الحرارة والإشعاع منه بشكل ثابت ومنتظم. وكان الواضح حينئذ أن الراديوم لديه فائض من الطاقة. وأنه يتخلص من طاقته

الزائدة بمعدلات هائلة. واستدل كورى وزوجته أن هذه الطاقة لابد أن تكون طاقة ذرية. وأن الحرارة المنبعثة هى نتيجة لتحول بعض الإشعاعات التى يقذفها هذا العنصر القوى.

وبعد بحوث طويلة تمكن رذرفورد من تحديد الطبيعة الدقيقة لهذه الإشعاعات. فذهب إلى أنها تتكون من ثلاثة أنواع، هى جسيمات ألفا التى أصبحت فيما بعد نواة الهيليوم ثم جسيمات بيتا وهى الإلكترونات، وأخيرا أشعة جاما أو الأشعة السينية، باعتبارها اشعاعات كهرومغناطيسية. ويتضح من ذلك أن الإشعاعات الصادرة عن الراديوم هى نتيجة لتحلل ذراته. وأن أحد نواتج هذا التحلل هو نويات الهيليوم. وبهذا المعنى فسر رذرفورد بالإشتراك مع سودى F.Sody (١٨٧٧ - ١٩٥٦) النشاط الإشعاعى بأنه انحلال أو تفتت تلقائى للذرة.

والآن، وبعد الكشف عن طبيعة الأشعة التى تمثل النشاط الإشعاعى لعنصر الراديوم، أصبح الطريق ممهدا أمام رذرفورد لتكوين تصور تقريبى أقرب إلى الصواب عن البنية الداخلية للذرة، وكيفية تحللها. وكان أن لاحظ إثنان من تلاميذه هما هانز جيجر H.Geiger (١٨٨٢ - ١٩٤٥) ومارسدن E.Marsden (ولد عام ١٨٨٩) أن توجيه جسيمات ألفا، أى نويات الهيليوم الناتجة عن اشعاعات الراديوم، نقول توجيهها إلى رقيقة معدنية، فإن غالبية هذه الجسيمات تنفذ بسهولة إلى الناحية الأخرى بدون إرتداد. وإن كان ذلك لا يمنع من أن قليلا من هذه الجسيمات يرتد بطريقة عكسية ومساوية لزاوية سقوطها، ويستدل من ذلك أن الذرة فى غالبيتها بنية مفرغة، وإلا ما كانت منفذة لغالبية جسيمات ألفا. ويستدل كذلك من ارتداد القلة من هذه الجسيمات على أن وسط الذرة يتضمن نواة ثقيلة الكتلة مهما كان حجمها صغيرا. وأن شحنتها مماثلة لشحنة نواة الهيليوم.

وفى عـام ١٩١١، أذاع رذرفـورد نظريتـه النووية للذرة، مـعلنا بذلك تأسيس الفيزياء النووية. وفى عام ١٩١٣، توصل تلميذه بور N.Bohr إلى أن التـصـور النووى لتـركـيب الذرة عند رذرفـورد، جنبـا إلى جنب مع ميكانيكا الكوانتم يفسـران كثـيرا من الحقـائق التى انتـهى إليها علم التحليل الطيفى. وتعـتبر ذرة رذرفورد ـ بور هى الأساس الذى يعتـمد عليه اليوم فى تصويب بعض أخطاء تصنيف العناصر فى جدول مندليف الدورى. وبخـاصة أنه لم يعد ذلك الجدول البسط، بعد ما ازدحم بالكثير من العناصـر الجـديدة التى جـاءت نتـيجـة بحـوث نصف قـرن قـام بهـا الكيميائيون.

ذكرنا من قبل أن طومسون أثبت أن هناك علاقة بين عدد الإلكترونات التى توجد بالذرة وبين خصـائصها الكيميائية. وفى عام ١٩١٣ استطاع مـوزلى H.G.Moseley حـسم هذه العـلاقـة باسـتـخـدام طريقـة التـحليل البلورى لإنعكاس الأشـعـة السـينيـة. وهى الطريقـة التى كـان براج W.LBragg قـد ابتكرهـا فى العـام السـابق، وبهـذه الطريقـة تمكن من تحقيق قياس دقيق للموجات الإشعاعية بالغة القصر، المنبعثة من الذرات، وبرهـن علـى أن الطول الموجى يتـوقف علـى العـدد الذرى الذى يطابق شـحنة النواة فى ذرة رذرفورد ـ بور. وهكذا، لم تعد كتلة الذرة هى التى تتـحكم وحدها فى الخصـائص الكيميائية لعنصـر ما. ولكن كذلك عددها الذرى أو شـحنتها النووية. ومن ثم، يمكن أن تتفق عديد من الذرات ـ أى عناصـر مـا ـ فى خصائصـها الكيميـائية بالرغم من اختلاف كتلها. وإذا كـانت العناصـر العـادية لاتكون نقـية تماما، ولكن تمثل خليطا من أنواع عـديدة من الذرات، فـإن مـتوسطات أوزانها الذرية لا تمثل مـضـاعفـات دقيقة للوحدة الواحدة.

وقد ظل النشـاط الإشعاعى لبعض العناصـر يسـتأثر باهتمام العقليات العلمـية المبدعـة. واكتـشف بعض هؤلاء العلمـاء أن الذرات المتـبقـية بعد

الانحلال الذرى لا تختلف عن بعضها كيميائيا، بالرغم من اختلافها إشعاعيا. وفى عام ١٩١٠، حدد سودى بعض هذه الذرات وسماها بالنظائر المشعة Isotopes. وسبب هذه التسمية أنها تحتل نفس موضع الذرات العادية فى التصنيف الدورى الكيميائى للعناصر، بالرغم من اختلافها فيزيائيا. وكان وليم كروكس قد تنبأ بفكرة النظائر منذ عام ١٨٨٦. والعناصر العادية هى خليط من ذرات ذات أوزان ذرية مختلفة. وكما فعل أستن F.WAstan (١٨٧٧ ـ ١٩٤٥) من الممكن فصل النظائر المختلفة لأى عنصر كيميائى عن طريق التحليل الطيفى لكتلة الذرة، وهذا يؤكد تماما افتراض مفهوم النظائر.

وفى عام ١٩١٩، قذف رذرفورد ذرات غاز النيتروجين بجسيمات ألفا فائقة السرعة. وكان يريد بذلك تفسير التحول الذرى. أى تحول ذرة عنصر إلى ذرة عنصر آخر. وفى العام التالى، أى عام ١٩٢٠ عرض نظريته عن «التكوين النووى للذرات» بشكل نقدى. واستخلص المضامين العلمية التى تمخضت عنها أبحاث الربع الأول من القرن العشرين. وتنبأ بوجود النيوترون والهيدروجين الثقيل. وكذلك ذرات الهيدروجين والهيليوم اللذان لهما الوزن الذرى٣.

وبعد ذلك بحوالى ثني عشر عاما اكتشف تشادويك T.Chadwick (ولد سنة ١٨٩١) النيوترون، ونجح جوليو F.Joliot (١٩٠٠ ـ ١٩٥٨) وزوجته إيرين كورى I.Curie (١٨٩٧ ـ ١٩٥٦) فى تخصيب بعض العناصر العادية وتحويلها إلى عناصر مشعة. وبهذه الطريقة أمكنهما جمع قدر كبير من المعلومات القيمة عن عدد وقوة العناصر ذات القدرات الإشعاعية.

ولاشك أن النجاح الذى أحرزته البحوث النووية كان له أثره فى تشجيع رذرفورد وغيره لإخضاع الظواهر الإشعاعية للتقدم التكنولوجى

عن طريق المعجلات النووية(١). ووظيفة هذه المعجلات أن تصل بالجسيمات الذرية إلى سرعات هائلة بحيث تنحل وتتحول إلى ذرات مشعة. وبعد اكتشاف النيوترون بفترة قصيرة، أى حوالى عام ١٩٣٢، نجحت أولى محاولات التعجيل النووى على يد كوكروفت J.DKockcroft (١٨٩٧ ـ ١٩٦٧) ووالتون E.Twalton (ولد سنة ١٩٠٣). وعلى الفور اتجهت الأنظار لتوسيع نطاق الأبحاث فى الانحلال الذرى باستخدام النيوترونات والجسيمات المعجلة. وفى عام ١٩٣٤، ذهب فيرمى Fermi. (١٩٠١ ـ ١٩٥٤) إلى أن النيوترونات البطيئة هى أيضا لها تأثيرها فى إحداث تحولات داخل الذرة. وكانت النتائج التى توصل لها من الكثرة والتعقيد، وبخاصة ما يتعلق منها بتأثير النيوترونات على العناصر الثقيلة كاليورانيوم، بحيث احتاج فهمها لكثير من التحليلات المضنية. وأخيرا أثبت هان O.Hahn (١٨٧٩ ـ ١٩٦٨) وشتراسمان F.Strassmann (ولد سنة ١٩٠٢) عام ١٩٣٨، أننا إذا وجهنا قذيفة نيوترونية إلى ذرة اليورانيوم، فإنها تنفلق إلى جزئين متساويين تقريبا. ثم تنطلق منها كمية رهيبة من الطاقة وقد درس فريش OR Frisch (ولد سنة ١٩٠٤) هذه العملية، وسماها بالانشطار النووى.

وفى أوائل عام ١٩٣٩، تبين لجوليد ومساعديه أن عملية الانشطار النووى الناتجة عن توجيه نيوترون إلى ذرة اليورانيوم، تؤدى إلى تحرير اثنين من النيروترونات النشطة. عدا العديد من الشظايا المتخلفة عن الانفجار الذرى. والآن، إذا كان قذف ذرة اليورانيوم بنيوترن واحد يؤدى إلى انطلاق إثنين. فإن هذا يؤدى، وبشكل فائق السرعة إلى سلسلة من الانشطارات النووية المتعاقبة. فذرة واحدة تؤدى إلى انفلاق اثنتين فأربع وهكذا. غير أن ذلك لم يكن على المستوى النظرى فحسب. بل تحقق فعليا

(١) المعجل النووى جهاز خاص يستخدم المجالات الكهربية فى زيادة سرعة بعض الجسيمات المشحونة كالبروتونات والإلكترونات، وإعطائها طاقة حركية هائلة. (المترجم).

ولأول مرة على يد فيرمى فى ديسمبر عام ١٩٤٢ . ثم نجح في تنفيذه على قطعة صغيرة من اليورانيوم محاطة بكتل من الكربون، بحيث يحتويهما جهاز، سمى بعد ذلك بالمفاعل النووى. وهو أول مفاعل نووى عرفه التاريخ. وهو يعتمد فى تشغيله على نيوترونات بطيئة تحت التحكم. وهو يمثل الجيل الأول لمشروعات الطاقة النووية الحديثة.

وفى عام ١٩٤٥ ، استيقظ العالم على أصداء تفجير أول قنبلة ذرية. فقد اندفعت مكوناتها من اليورانيوم فى سلسلة لا نهائية من الإنشطارات النووية تحت ضربات النيوترونات السريعة. وجاءت النتيجة أعظم وأشد هولاً مما يمكن أن يتصوره العقل، سيان من ناحية الطاقة الحرارية المنبعثة بكميات مخيفة، أو من ناحية القوة التدميرية الشاملة. وللقنابل الانشطارية طاقة محددة لا يمكنها تجاوزها. وتتعلق بكتلة معينة من اليورانيوم تسمى بالكتلة الحرجة. وتجاوز هذه الكتلة يؤدى إلى نسف اليورانيوم بشكل أسرع مما يمكن أن يتلاءم مع تسلسل التفاعل. ثم أعقب ذلك نجاح تاريخى فى بناء وتجربة القنبلة الهيدروجينية. تلك التى تعرف بالقنبلة ذات الطاقة الاندماجية. ذلك أن تسميتها بالقنبلة الهيدروجينية ترجع إلى إندماج ذرتى هيدروجين معًا بحيث يتحولان إلى ذرة واحدة من الهيليوم. ويتحول فرق الكتلة بينهما إلى ضروب شتى من الطاقة. وإذا كانت القنبلة الذرية مشروطة بما يعرف بالكتلة الحرجة، فإن القنبلة الهيدروجينية لا حدود لها من الناحية النظرية. بمعنى أنه من الممكن صنع قنابل كبيرة جداً من هذا النوع بحيث يمكن أن تهدد الحياة على الأرض.

والواقع أن الطاقة الشمسية، سيان كانت طاقة ضوئية أو طاقة حرارية هى عبارة عن طاقة اندماجية من هذا النوع، تجرى فى باطنها. يتحول فيها الهيدروجين باعتباره الوقود الشمسى إلى هيليوم. ويؤدى إلى تحرير الطاقة الذرية. هذا الفرن الذرى ظل وما يزال يعمل بشكل مستقر منذ مئات الملايين من السنين. وسيظل لملايين أخرى من السنين فى

المستقبل. وهذا يؤكد أنه يعمل بشكل الى لا يحكمه سوى الطبيعة وقوانينها. وإذا كانت الطبيعة هي المهيمنة على الفرن الذرى الشمسي، فقد حاول الإنسان تقليدها ومحاكاة قوانينها هنا على الأرض، بحيث يجرى عملية الاندماج النووى تحت سيطرته معمليا. فإذا تحقق للإنسان النجاح فى مسعاه هذا، فسيكون أكبر ثورة فى عالم الطاقة الرخيصة بلا حدود.

وفى الاتحاد السوفيتي، افتتحت أول محطة ذرية لتوليد الطاقة سنة ١٩٥٤ . أما فى انجلترا، فقد أنشئت محطة كالدرهال Calder Hall للطاقة النووية سنة ١٩٥٦ . واستخدمت للأغراض العسكرية والسلمية معًا. أي من أجل تخصيب بعض المواد المشعة المستخدمة فى صناعة الأسلحة. وفى نفس الوقت فى توليد الطاقة الكهربية من أجل الإستخدامات المدنية العادية. وقد صممت المحطة بحيث تقوم بتوليد ٩٢ ألف كليو وات. ثم وجد بعد ذلك أنه من الممكن زيادة الطاقة المولدة تدريجيا. وقد استخدمت محطة كالدرهال اليورانيوم الطبيعى المغلف بالجرافيت كوقود. واستخدم لتبريده غاز ثانى أكسيد الكربون. وما لبثت أن تطورت مشاريع الطاقة النووية بشكل كبير حتى أمكن بالفعل بناء وتشغيل محطات قادرة على توليد مليون كيلو وات / ساعة من الكهرباء، من أجل الاستخدامات المنزلية وغيرها.

وقد أتاحت عملية الاندماج النووى أشكالا عدة ومتنوعة من التصميمات التى تلبى مقتضيات التطبيق العملى. ويتراوح عددها ما بين عشرة وعشرين تصميما مختلفًا. غير أن الأمر قد يستلزم وقتًا طويلاً حتى يمكن للعلماء والمهندسين المتخصصين تحديد أفضل هذه التصميمات وأكثرها ملاءمة لظروف التشغيل.

ولاشك، أن جهودا مكثفة بذلت ومازال من أجل التحكم فى عملية الاندماج النووى وتحقيق أكبر درجة من الأمان، وتوجيهها لخير الإنسان.

وحيث أن الاندماج النووى يحتاج لدرجة حرارة بالغة الإرتفاع من أجل تكسير الروابط الداخلية فى الذرة، وتحقيق الإندماج (١)، فقد اتجه البحث فى أحد التصميمات إلى احتواء الهيدوجين داخل مجال مغناطيسى، ثم تسخينه عن طريق موجات كهرومغناطيسية معينة. غير أن هذه الطريقة لم تفلح لأنها لم تستطع أن ترتفع بدرجة الحرارة لأكثر من مليون درجة فقط. بينما تتطلب عملية الاندماج الوصول إلى أربعين مليون درجة على الأقل. من أجل ذلك، ماتزال عملية الاستفادة من المفاعلات الهيدروجينية محدودة. وماتزال رهن التطوير المستمر. ويرى البعض من العلماء أنه إذا كانت النجوم (كالشمس مثلا) ما هى إلا مفاعلات هيدروجينية تستمد طاقتها من عملية الاندماج. إذن فقد يكون حل هذه المشكلة أقرب إلى علم الفلك، منه إلى علم الفيزياء.

(١) تواترت أخبار علمية تناقلتها وكالات الأنباء مؤخرا عن توصل بعض العلماء لتحقيق الإندماج الهيدروجيني في ظل الظروف العادية للحرارة. ومايزال هذا الكشف رهن التحقق العلمي. (المترجم)

الفصل الرابع والعشرون

الصغير والكبير

الذرة في حالتها الطبيعية توجد على هيئة تجمعات هائلة. ومع ذلك إذا شئنا أن ندرس كيف تسلك الذرة المفردة، فليس أمامنا سبيل لذلك سوى دراسة المواد القابلة للفلورة[1] مثل كبريتات الزنك. هذه المواد لها القدرة على امتصاص الإشعاعات بكل أنواعها ثم إعادة بثها على هيئة ذرات مفردة. ونحن إذا فحصنا كبريتات الزنك تحت الميكروسكوب لنعرف سبب هذه الظاهرة. سنجد أنها تتمثل على هيئة ومضات خضراء لامعة وسريعة تنبثق من هذا المركب غير المشع. وشيئا فشيئا اتضح لنا فيما بعد أن هذه الومضات ناتجة عن تصادم كبريتات الزنك بذرات لها طاقة كوانتم معينة تدخل في نطاق الإشعاعات المرئية.

ونحن لو رجعنا إلى رذرفورد عندما حاول أن يبرهن على ظاهرة الإنحلال الذرى بطريقة معملية لأول مرة عام ١٩١٩، سنجد أنه استخدم شاشة أو حاجزًا مضيئًا من كبريتات الزنك. وكانت تلك هى الطريقة الوحيدة الممكنة لاكتشاف الشظايا الذرية المنطلقة من ذرات النيتروجين. وعن طريق معرفة نوع الومضة التى تلمع على الشاشة. يمكن تحديد الشظية أو الجسيم الذرى. وقد كان من الممكن حينئذ رؤية سلوك الذرات

(١) الفلورة خاصية تتميز بها بعض المواد مثل المركبات الكبريتية وزيت البرافين، بحيث تمتص إشعاعات ذات طول موجى معين (أى ألوان معينة) وفى نفس الوقت تشع ضوءا له طول موجى مختلف. (المترجم)

المنفردة بالعين المجردة بالرغم من حجمها بالغ الضآلة. ولكن ساعد على تتحقيق ذلك سرعتها الهائلة وطاقتها العالية جداً.

والمعنى المستخلص من هذه التجارب. أن هناك طرقا كثيرة أخرى يمكن بها للجسيمات سريعة الحركة أن تثبت بها وجودها. فهى - مثلا - تؤدى إلى تأين الهواء الذى تمر فيه. وعلامة التأين أن يصبح الوسط المتأين موصلا جيدا للتيار الكهربى، وقد استفاد هانز جيجر H.Geiger (١٨٨٢ - ١٩٤٥) من هذه الطريقة فى تصميم عداد معين سمى باسمه فيما بعد. بحيث يتم توصيله بخزانة هوائية مغلقة بإحكام. وعندما يمر الجسيم الذرى خلال هذه الخزانة يتأين هواؤها. ويمر به تيار لحظى يقوم العداد بتسجيله. وعلى هذا النحو يتم تسجيل عدد الجسيمات المارة بالخزانة، أو أى وسط هوائى بطريقة آلية. ويعتبر عداد جيجر وما يزال له أهميته العملية الكبيرة فى عد الجسيمات الذرية.

ومن أكثر الأجهزة التى استخدمت لاكتشاف الجسيمات الذرية إثارة للإهتمام، ذلك الجهاز المعروف بالغرفة الضبابية. ويرجع هذا الجهاز إلى ويلسون C.T.R Wilson(١٨٦٩ - ١٩٥٩) الذى اخترعه عام ١٩١١. ونستطيع عن طريق ذلك الجهاز رؤية آثار الممر الذى يسير فيه الجسيم بالعين المجردة. فالهواء المشبع بالرطوبة أو الضباب فى الجهاز ذى الواجهة الزجاجية يتمدد بإرتفاع درجة حراراته. فإذا مر فيه جسيم ذرى، فإنه يسبب تأين الممر وفى عام ١٩٢٥، استطاع بلاكت P.M.S Blackett لأول مرة، وبمساعدة جهاز ويلسون عن الغرفة الضبابية التعرف على الجسيمات المشحونة كهربيا. وبالتالى يترك علامات واضحة على المسار على هيئة مصفوفة متصلة من القطيرات الصغيرة جدا. وفى عام ١٩٢٥، تأين الممر الذى سار فيه. ومع توافر ظروف الرطوبة والضغط الملائمة يتكثف بخار الماء على الجسيمات الضبابية فاستطاع أن يلتقط صورة لذرة وهى فى مرحلة التفتت بعد اصطدامها بجسيم ما. ثم

توالت الإبتكارات بعد ذلك لعدد من الأجهزة العلمية الحديثة، التى أضيفت لأدوات البحث العلمى الفيزيائى. وبخاصة بالنسبة لدراسة الذرات المفردة والجسيمات دون الذرية. مثال ذلك جهاز غرفة الفقاعات وجهاز كشاف الشرارة وغيرهما.

وفى عام ١٩١٢، اكتشف فون لا و M.Von Laue (١٨٧٩ - ١٩٦٠) وفريدريك ونبنج P.Knipping أن البنية الذرية للبلورات تسبب حيودًا للأشعة السينية المارة خلالها. ثم توسع براج W.HBragg (١٨٦٢ - ١٩٤٢) وبراج W.L Brrag (ولد سنة ١٨٩٠) فى هذا الكشف وطوراه على النحو الذى يسمح بتحليل وتمييز بنية البلورات المختلفة عن طريق انعكاس الأشعة السينية، بواسطة الصفوف المنتظمة لتكوينها الذرى.

وفى عام ١٩٢٤. أعلن لوى دى برولى L.de Broglie (ولد سنة ١٨٩٢) أن الذرة تنطوى على خصائص مزدوجة، جسيمية وموجية معًا (١). وفى عام ١٩٢٨ أثبت دافيسون C.J Davisson (١٨٨١ - ١٩٥٨) وجيرمر L.H Germer (ولد سنة ١٨٩٦) هذه النظرية تجريبيًا. ويترتب على ذلك أن تأخذ الإلكترونات شكل الجسيمات ذات الكتلة والموضع فى بعض الأحيان. وفى أحيان أخرى تبدو كموجة ذات تردد وطول موجى. ومن المتوقع فى الحالة الثانية أن تسلك الالكترونات على نحو مماثل للموجات الضوئية فى أى من استخداماتها المختلفة. وليكن مثلا استخدامها فى الميكروسكوب من أجل رؤية الشرائح. وحيث أن الموجات الإلكترونية عادة تكون شديدة القصر بالقياس إلى موجات الضوء العادى. لذلك، نحن

(١) يقصد المؤلف الإلكترون وليس الذرة. وهذا هو الكشف الذى توصل إليه لوى دى برولى واحداث ضجة كبيرة فى الأوساط العلمية نتيجة الإصرار على اختلاق تعارض بين الطبيعة الموجية والطبيعة الجسمية للضوء. فأكد دى برولى أن الإلكترون يكتسب خاصية جسمية طالما هو يدور فى فلكه حول النواه فى الذرة. اى تكون طاقته مرتفعة. فإذا تحرر من مداره وانطلق خارج الذرة تحول إلى موجة. تماما كالفرق بين الماء كقطرات عينية وبينه كبخار. (المترجم)

(٢) الذرة أصبح موجة. (المترجم)

نتوقع أن تكون أقدر على الكشف الميكروسكوبى عن الأشياء بالغة الصغر التي يحول حجمها الصغير دون رؤيتها حتى بالميكروسكوبات القوية جداً.

وفى عام ١٩٢٦. أخترع رسكا E. Ruska (ولد سنة ١٩٠٦) الميكروسكوب الإلكترونى. وحتى يمكنه الاستفادة من الخصائص الموجية للإلكترونات، طور ميكروسكوبه على نحو يستطيع معه رؤية الأشياء المتناهية فى الصغر. ثم تلاحقت التطويرات والتحسينات الفنية على الميكروسكوب الإلكترونى، بحيث أصبح أداة لا غنى عنها فى الكشف عن التفصيلات الدقيقة للأشياء الصغيرة جدا. مثال ذلك الفيروسات التى تتسبب فى كثير من الأمراض. وكذلك الجزئيات الكيميائية من الأنواع الكبيرة. وقد واكب هذا التطور فى مجال تكبير ما هو صغير، تطور مماثل ولكن فى الإتجاه الآخر. أى تقريب ما هو بعيد جداً وفى نفس الوقت كبير جداً، حتى يمكن رؤيته.

وفى إطار عالم الأشياء الصغيرة. حدث اسهام كبير فى دراسة سلوك الجسيمات الدقيقة بإختراع المعجلات النووية التى تصل بهذه الجسيمات إلى سرعات هائلة. وفى الصدد يعتبر المعجل النووى الذى اخترعه لورانس E.o Lawrence (١٩٠١ ـ ١٩٥٨) عام ١٩٣٣ من الإنجازات المحسوبة فى تاريخ العلم الحديث. الجهاز فى توجيه نبضات كهربية قوية لجسيمات تتحرك في دائرة محددة يحكمها مجال مغناطيسى. وبمرور الوقت تطورت المعجلات بشكل واضح، كما هو الحال مع ذلك الموجود فى المركز الآوربى للبحث فى جنيف C.E.R.N. والذى افتتح عام ١٩٦٠. هذا المعجل يمكنه الوصول بالجسيمات الدقيقة إلى سرعة خيالية، تصبح معها طاقتها ما يقرب من ثلاثين ألف مليون الكترون ـ فولت. غير أن العلماء لم يتوقفوا عند هذا الحد. بل راحوا يخططون لبناء معجلات تزيد بمقدار عشرة أضعاف القوة السابقة. أى أنها تستطيع أن تكسب الجسيمات

المعجلة طاقة تقدر بحوالى ثلاثمائة ألف مليون الكترون - فولت ثم عن طريق تنظيم وتوحيد الجسيمات المبعثرة التى تتحرك فى اتجاهات متعاكسة والتى تتصادم مع بعضها البعض وتفقد طاقتها. نقول أمكن عن طريق ذلك الوصول إلى نتائج جيدة.

وفى الوقت الذى كانت فيه الإنجازات العلمية تتوالى بالنسبة لبحوث الجسيمات الذرية ودون الذرية ذات الطاقة العالية، كانت هناك انتصارات أخرى تتم فى ذلك المجال الآخر الذى ذكرناه وهو مجال الفضاء. والتقدم فى هذا المجال يتعلق بأداة بصرية أخرى هى التليسكوب. ويعتبر أكبر تيلسكوب فلكى معروف حتى الآن بكاليفورنيا. ويبلغ قطر عدسته مائتى بوصة.

ويعتبر هرشل W.Herschel (١٧٣٨ - ١٨٢٢) هو مؤسس علم الكون (الكسمولوجيا) الحديث. وهو من المناصرين للنظرية السديمية فيما يتعلق بنشأة الكون. هذه النظرية تقول إن الكون خلق من سديم غازى. ثم تميز بعد ذلك إلى مجموعة غير معدودة من الجزر الكونية الهائلة هى المجرات. هذه المجرات لها فى الغالب شكل حلزونى يشبه القرص الدوار. وتتكون من تجمعات نجمية يصل عددها إلى آلاف المليارات. ومن بينها مجرتنا التى تتبعها مجموعتنا الشمسية. وهى التى تعرف بالطريق اللبنى (أو درب التبانة)[١].

وأقرب الجزر الكونية إلى مجرتنا، توجد فى السديم المعروف باسم أندروميدا وقد أمكن تحديد المسافة بيننا وبينها من خلال البحوث التى قام بها هبل E.p Hubble (١٨٨٩ - ١٩٥٣) [٢] على نوعية معينة من النجوم

(١) جاءت هذه التسمية من تشبيه النجوم اللامعة فى المجرة تحت خلفية السماء السوداء، بقطرات اللبن الأبيض تتناثر من أوعيتها على أرضية الطريق الأسفلتية السوداء، حينما كانت العربات التى تجرها الخيول تنقل اللبن فجر كل يوم إلى العاصمة باريس. وهو تشبيه يلائم أيضا شظايا التبن ذهبية اللون تتناثر من فوق ظهور الجمال على دروب القرية ذات الأرضية الطينية السوداء. (المترجم)

(٢) وقد أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية إسم هذا العالم على اول تليسكوب أطلقته ليتخذ مدارا ثابتا حول الأرض، تكريما له. (المترجم)

التى توجد بها، والتى تختلف فى شدة لمعانها عن نجوم مجرتنا. هذه النجوم سبق أن اكتشفتها هنريتا ليفيت H.s Leavitt (١٨٦٨ - ١٩٢١) عام ١٩٠٥. وقد تم معرفة المسافة بين المجرتين بقياس شدة الضوء المنبعث من أندروميدا، والناتج عن نظامها الدورى. وهكذا أمكننا استدلال المسافة بيننا وبين أندروميدا من معرفة حجم نجوم هذا السديم. وقد تبين أنه يبعد عنا بمقدار مليون سنة ضوئية (١). فإذا افترضنا أن كل المجرات لها نفس الحجم تقريبا. فإن المسافات الفاصلة بيننا وبينها يمكن حسابها عن طريق مقارنة درجة لمعان نجومها بلمعان نجوم اندروميدا . هذه المقارنة أتاحت لنا فرصة تحديد المسافة بيننا وبين بعض المجرات الباهتة للغاية، والتى وصلت بالنسبة لبعضها إلى أكثر من ألف مليون سنة ضوئية.

وفى عام ١٩٢٩، اكتشف هبل انحراف التحليل الطيفى للضوء الصادر من السدم النائية. وكان انحرافه إلى الإتجاه الأحمر. وهذا يعنى أنها تتباعد عن الأرض بسرعة كبيرة. وتفسير ذلك أنه كلما كانت المسافة بيننا وبين سديم ما كبيرة، وسرعة تباعده عنا أيضا كبيرة، فإن ذلك يؤدى إلى زيادة طول الموجات الصادرة عنها. بنفس الطريقة التى تخفت فيها صوت صفارة القطار، بعد مغادرته المحطة مبتعداً عنا. ومن دراسته لظاهرة الإنحراف نحو الأحمر استنتج هبل أن السرعة التى تتباعد بها المجرات عن كرتنا الأرضية تتناسب تناسبا طرديا مع المسافة بيننا وبينها. وبذلك أصبح مقياس الانحراف نحو الأحمر هو مقياس لتحديد المسافة بين الأرض وأى سديم كونى. والانحراف نحو الأحمر بالنسبة لسدم معينة يعتبر كبيرا جدا. الأمر الذى يؤكد ما ذهب إليه العلماء من أن الكون يتباعد عن بعضه البعض، أى يتمدد بسرعة تزيد عن ١/٥ من سرعة الضوء.

(٣) السنة الضوئية: هى مقياس للمسافة وهى المسافة التى يقطعها الضوء فى سنة وتعادل ٥٫٨٨ × ٩١٠ ميل. (المترجم)

أما الإنجاز الهام التالى فى علم الكون، فقد جاء من ناحية الفلك الراديوى (الفلك اللاسلكى). فقد اكتشف جانسكى K.G Jansky (١٩٠٥ ـ ١٩٥٥) أننا لا نعيش فى كون صامت. ولكن هناك موجات راديو معينة ترد إلينا من الفضاء الخارجى. وباعتباره مهندسا لاسلكيا، اهتم جانسكى بالظواهر الجوية الكهربية، نظرا لما تحدثه من تشويش على أجهزة الراديو، وعلى البث الإذاعى بشكل عام. وإذا كانت أبحاثه قد بدأت بطريقة عفوية، فقد حققت تقدما ملحوظا بعد استفادته من أبحاث تطوير الرادار. ونحن نعرف ما كان للرادار من أهمية كبيرة فى كشف طائرات الأعداء فى الحرب العالمية الثانية. ومن أجل ذلك صممت المستقبلات بشكل يعطيها حساسية فائقة فى التقاط الانعكاسات الضعيفة لموجات الراديو المرسلة من الطائرة. وتصادف فى ذلك الوقت أن أجهزة الرادار كانت تعمل على موجات لها نفس الطول الموجى الذى لمعظم موجات الراديو الكونية. وفى عام ١٩٤٢، تعرضت أجهزة الرادار الخاصة بالجيش الإنجليزى لسلسلة من التشويش الحاد. وظن القادة أن ذلك من عمل الأعداء. غير أن أبحاث هاى s Hey. دلت على أن الموجات التى تسببت فى التشويش صادرة من الشمس. وفى عام ١٩٤٦، قدم شكلوفسكى JJ.s Shklovsky (ولد سنة ١٩١٦) تفسيرا لذلك بأن موجات الراديو الشمسية سببها حركة الجسيمات المكهربة فى المجال المغناطيسى للشمس.

ومن بين علماء الفيزياء، هناك اثنان شغلتهما أبحاث الرادار خلال فترة الحرب، هما لافل A.C.B Lovell (ولد سنة ١٩١٣) ورايل M.Ryle (ولد سنة ١٩١٨). أما لافل، فقد بدأ من الأبحاث التى توصل إليها العلماء حتى عام ١٩٤٦، ولكن من خلال اهتمام خاص بمحاولات استخدام الرادار فى الكشف عن السحب المكهربة. أو بعبارة أخرى، اكتشاف التأين الذى يحدث فى طبقات الجو العليا بسبب الأشعة الكونية.

فقام ببناء عاكس رادارى ثابت على هيئة قطع مكافىء (نصف بيضاوى تقريبا) قطره ٢١٨ قدما. وقد حقق هذا العاكس نجاحا كبيرا لدرجة أن لافل قام بتصميم التليسكوب الراديوى العظيم الذى يبلغ الذى يبلغ قطر مرآته العاكسة ٢٥٠ قدما. وتم افتتاحه سنة ١٩٥٧ في مدينة جودريل بانك بالقرب من مانشستر. أما رايل، فقد استطاع وهو فى كمبردج تصميم تليسكوب راديوى يقوم على أسس مقياس التداخل [١].

هذا المقياس يشبه التليسكوب البصرى للتداخل الذى استخدمه مايكلسون [٢]. وفى عام ١٩٥٢ قام ببناء تليسكوب على نفس هذه الأسس، ولكنه يمتاز بأن له أربعة هوائيات، كل منها موضوع فى أحد أركان مستطيل طوله ١٩٠٠ قدم وعرضه ١٦٨ قدم. وهكذا وسع رايل من مصادر البث السماوية لموجات الراديو من مائة لقطة أو مصدر إلى ألفين.

وموجات الراديو يمكنها أن تمدنا بمعلومات عن أعماق كونية سحيقة، أبعد بكثير من الموجات البصرية، والسبب فى ذلك أن التباعد السريع لمصادر هذه الموجات يقلل من شدة إضاءتها، بحيث تفقد الوسائل البصرية قدرتها على الرؤية. فالضوء الصادر من المجرات البعيدة تطول موجته بحيث ينحرف فى اتجاه اللون الأحمر. ومن ثم يفقد القدرة على التأثير فى الأفلام الحساسة. فى حين أن موجات الراديو المنبعثة من نفس المصدر تكون قابلة للالتقاط بالرغم مما تعانيه من طول موجى.

ثم أضاف رايل لتليسكوبه جهازا مبتكرا هو جهاز «التوليف الموجى» Op-erture Synthesis. من هذا الجهاز يمكننا الإستفادة من الحاسب

(١) جهاز يقوم بتجزئة حزمة الضوء إلى عديد من الحزم، ثم يعيد توحيدها بحيث يتداخل بعضها. ويستخدم لتحديد الطول الموجى ومعامل الأنكسار، وكذلك يستخدم فى تحديد قطر النجوم. (المترجم)

(٢) يعتمد التليسكوب الراديوى على هوائيين على الأقل حتى يمكنه التوليف بين الموجات الملتقطة. (المترجم)

الآلى (الكمبيوتر) فى رسم صورة لاسلكية كاملة لأى موضع فى الفضاء عن طريق تجميع الموجات الجزئية الملتقطة بتليسكوبات التداخل المتعددة. وفى عام ١٩٥٦. استطاع وضع تليسكوب أكبر من ذلك تحت الخدمة الفعلية. هذا التليسكوب له ثلاثة هوائيات. عاكس كل منها يصل طول قطره إلى ستين قدماً. وقد نظمت هذه الهوائيات بحيث يوضع اثنان منها على مسافة ٢٥٠٠ قدم. بينما يتحرك الهوائى الثالث عبر عديد من المواقع على خط حديدى طوله أيضا ٢٥٠٠ قدم، وقد استطاع بهذا الجهاز الكشف عن مجرة تبث موجات راديو. وتبعد عنا بمسافة ثمانية آلاف سنة ضوئية.

وتعتبر التليسكوبات الراديوية بمثابة المرشد أو الموجه لعلماء الفلك، حتى يوجهوا أجهزتهم فى الإتجاهات الصحيحة. ولكل جهاز قوة معينة لا يمكنه تجاوزها. ولذلك فهناك دائما الأجسام الكونية النائية التى لا يمكن إدراكها. غير أن الأمر لا يتعلق، فيما يبدو بالمسافة وحدها. فقد تبين أن هناك مجرات بعيدة جداً، ولكنها تشع موجات راديوية بالغة الشدة. وقد دلت الدراسات البصرية، على أن هذه المجرات تعانى من اضطراب عظيم، نتيجة اصطدام جزئياتها بعضها بالبعض الآخر، بحيث يؤدى ذلك إلى توليد موجات راديو قوية للغاية.

وفى عام ١٩٦٣، لوحظ أن بعض المصادر الكونية النائية تشع موجات راديو قوية بالرغم من صغر حجمها، إذا ما قورنت بالأجرام الكونية الهائلة. هذه المصادر تشبه بعض النجوم القوية ذات الطاقة العالية جداً. وبالتالى، فهى ليست مجموعات نجمية عادية. هذه الطاقة العظيمة التى تنبعث منها، فوق كل تصوراتنا العلمية. ولذلك فنحن لا نعرف عنها شيئا، أو عن طريقة توليدها على الإطلاق. هذه المصادر الكونية الشبيهة بالنجوم تسمى بالكازار Quasar [1]. غير أن هذه الطاقة الفياضة التى تنبعث من الكازار لايترتب

(!) الكازار هو مصدر شبه نجمى لموجات الراديو. وقد اكتشفت حديثا مصادر فوق مجرية من هذا النوع، تشع طاقة كهرومغناطيسية هائلة. ويعوود الفضل فى اكتشافها إلى علماء الفلك =

عليها ضرورة انبعاث موجات قوية موجات راديوية قوية منها. وكانت هذه هى النتيجة التى انتهى إليها سانداج A.R Sandag (ولد سنة ١٩٢٦) من بحوثه على ما أسماه بالنجوم أشباه الكازار. واستخدام فى بحوثه تليسكوب سانت بالومار البصرى الذى يبلغ قطر عدسته ٢٠٠ بوصة. هذه «الكازارات الهادئة» تتميز بدرجة لمعان عالية مكنت الباحثين من رصدها بصريا من على مسافات بعيدة جدا تصل إلى آلاف الملايين من السنوات الضوئية.

أما فيما يتعلق بتفسير تمدد الكون وتباعد أجزائه عن بعضها البعض، فهناك رأى يقول إن السبب فى ذلك هو أن الكون نشأ فى الأصل عن انفجار هائل، حدث منذ ما يقرب من اثنى عشر ألف مليون سنة. وكان السديم الكونى أصغر كثيرا مما هو عليه الآن. ذلك أن مادته كانت منضغطة بشكل مكثف فى حجم ضئيل جدا. أما ما نراه اليوم من المجرات التى لا حصر لها، فهى ليست أكثر من الشظايا التى تبعثر إليها الكون فى أعقاب الانفجار الأول. وهناك مجرات أطاح بها الانفجار بعيدا. واندفعت فى كل اتجاه بسرعات فلكية هائلة. ولذلك احتاج الأمر زمنا طويلا لكى يصل ضوؤها إلينا، وكذلك الإشعاعات المختلفة. هذه المجرات هي التي يمكننا الاعتماد عليها في معرفة حال الكون منذ عشرة آلاف مليون سنة. فإذا افتراضنا أن الإنفجار الكوني الأول حدث منذ إثنى عشر ألف مليون سنة، فإن الأجسام الكونية القاصية، كالكازارت الهادئة، هى التى توضح لنا حال الكون ككل. وكذلك صورة المجرات بعد حوالى ألفى مليون سنة من مولده. أى الكون فى مرحلة الطفولة.

= الراديوى بسبب ما تبثه من موجات راديو قوية. وتمكن العلماء من رصد بضع مئات من هذه الاجرام، بعضها أمكن رؤيته بالتلسكوبات البصرية. ولم يتوصل العلماء حتى الآن إلى تفسير مقبول للطاقة العالية المنطلقة منها، حتى بعد ان عرفوا انها تتباعد عنا بسرعة هائلة نتيجة إنحراف الأشعة الصادرة منها نحو الأحمر. (المترجم)

كانت هذه هى بعض الملامح العامة التى استلهمها العلماء عن الكون حتى عام ١٩٦٥. واستخدموا فى ذلك الأجهزة العلمية المتطورة، والخاصة بقياس المسافات البعيدة والطاقات العالية. ولا شك أن تقدم العلم يتوقف على هذه الأجهزة. وهى أيضا بدورها تتوقف على الموارد الاقتصادية والوسائل التكنيكية لصانعيها. وهكذا، فإننا لا نستطيع أن نفصل بين أعظم الكشوف الكونية، سيان من حيث البنية، أو من حيث الصفات والخصائص التى يتصف بها الكون، وبين الجوانب العقلية الإبداعية والاقتصادية والتكنيكية التى يتصف بها الإنسان أو يمتلكها. ثم يضاف إلى كل ذلك الإنسان نفسه، محور كل شىء سواء نظرنا إليه كموجود اجتماعى، أو ككيان متفرد يتمتع بالحرية.

الفصل الخامس والعشرون

الفضـــاء

عندمـا تمكن الإنسـان من بسـط سلطانه على كـوكـبه الأرض، يابسـه ومائه وهوائه، طاف بناظريه إلى مـا ورائه. وتاق للسـفر إلى أرجاء الكون الواسع. وأراد وصل مغـامـرات الأرض، بمغـامرات اكتشاف الفضـاء، والاستفـادة منه. وقد فرض ذلك عليه عديداً من المشكلات الصـعبة التى تتعلق بكيفية التـحرك والحياة فى الفضاء. واقتضى حل هذه المشكلات جـهودا علمـيـة مضـنية، سـاهمت بدورها فى كـثير من الكشوف العلمـيـة الرائعة فى جميع فروع العلم.

وغـزو الفضـاء يتـيح للإنسـان أن يجـعل من الأرض بيتـه الآمن، الذى يأوى إليه بلا قلق ولا مـخاوف. ففـى وسعه أن يـحول كل أنشطته الهامة والخطرة فـى نفس الوقت - وليكن مـثلا توليد الطاقـة الذرية - إلى كـوكب آخـر كالقـمـر، أو أى من الأجـرام السـمـاوية الأخـرى. وليس من الصـعب تصـور كـيفـيـة نقل الطاقـة المتـولدة هناك إلينا هنا فـى الأرض، ومن أجل فـائدة الإنسـان. فمن المـمكن مثلا تركيز هذه الطاقـة فى حـزم ضـيقة من الإشعاع، وليكن بطريقة الليزر مثلا، ثم إرسالها عبر الفضاء إلى الأرض.

وقد كـان التـحليق فى الفضـاء، واحدا من الأحـلام التى طافت بخـيال الإنسـان منذ أقدم العصـور. وقد نندهش إذا عرفنا أن النـاس قـديمـا لم يكونوا يتصـورون أنها مسـألة صعبة. فقد كانوا يعتقدون أن الكون لا يعدو

ذلك الجزء الصغير من كوكبنا الأرضى. حتى الطبقات الجوية التى تعلو كوكبنا فهى ليست ببعيدة. ويقال إن العالم الإغريقى أريسطارخوس[١] ابتكر طريقة لحساب حجم الأرض، وكذلك المسافة بينها وبين القمر ثم بينها وبين الشمس. غير أن تقديراته بشكل عام جانبت الصواب. وانتقل البحث فى الفضاء إلى العصور الحديثة.

وقد كشف تليسكوب جاليليو عن حقيقة هامة هى أن القمر له تضاريس لا تختلف كثيرا عن تضاريس الأرض. وقد حاول كبلر معرفة أسباب حدوث هذه التضاريس، فذهب إلى أن ما يبدو لنا كفتحات بركانية على سطح القمر ما هى إلا أنفاق قامت بحفرها كائنات عاقلة كانت تعيش هناك. وأن ذلك كان ضروريا من أجل حمايتها من وهج الشمس. ومع توالى الملاحظات التليسكوبية للقمر، زاد الإعتقاد بانه كوكب مسكون. وزادت رغبة الإنسان فى السفر إليه واكتشافه. ومع ذلك كانت هناك دائمًا هذه المشكلة الهامة وهى طبيعة المسافة الطويلة بيننا وبين القمر. وقد دلت بحوث كبلر على أن الفضاء لا ينطوى على هواء. بل هو خلاء تام. ومن ثم فلا جدوى من استخدام الأجنحة فى الطيران، مدام عملها يتوقف على وجود الهواء ومقاومته لها. أضف إلى ذلك أن الفضاء لابد أن يكون شديد البرودة فكيف سيستطيع الإنسان أن يحرك أجنحة الطيران. بل كيف سيتنفس! وهذا يعنى فى محصلته أنه سيتجمد أثناء رحلته الخيالية، إن حدثت.

وكما استطاع نيوتن أن يحقق إنجازات رائعة فى كل فروع علم الفيزياء، حاول بنفس الروح العلمية أن يغزو بفكره مشكلة اختراق

(١) ارسطارخوس الساموسي (٣١٠ ـ ٢٥٠ق.م) فلكي إغريقي من اتباع فيثاغورس. وكان تلميذا لستراتون. وقد كشفت قياساته للمسافة بين الأرض وبين كل من القمر والشمس عن خطأ نظام أرسطو عن مركزية الأرض وقدم بدلا منه أقدم تصور عرفه الإنسان عن النظام الشمسي، حيث تكون الأرض كوكبا عاديا يدور حول الشمس. (المترجم).

الفضاء. ونحن لو نظرنا إلى قانونه عن الفعل ورد الفعل والذى ينص على أنه لكل فعل رد فعل مساوى له فى المقدار ومضاد له فى الإتجاه، سنجده يمثل مبدأ دقيقا للطريقة التى يتم بها قذف شيء ما، وليكن صاروخا فى الفضاء. بل لقد اقترح هو نفسه استخدام الصاروخ في إرسال اجهزة ومعدات فنية معينة إلى القمر. ومن الواضح أن خلاء الفضاء تماماً لن يعوق إرسال قذيفة فضائية لأنها تتحرك بقوة الدفع النفاث.

ولاشك أنه من الممكن أيضا الاعتماد على نظريته فى الجاذبية فى حساب السرعة التى يجب أن يصل إليها الصاروخ حتى يفلت من جاذبية الأرض، ويتخذ لنفسه مدارا حولها. وبذلك يصبح قمرًا صناعيا. وفى مسودة لفصل من فصول كتابه «المبادىء» وهو بعنوان «نظام العالم» شرح نيوتن كيف يمكن إطلاق مثل ذلك الكوكب الصناعي. وكيف يمكننا وضعه فى مدار ثابت حول الأرض. غير انه لم يضمن كتابه هذا الفصل لأنه اعتبره من قبيل المعارف الشائعة. وقد نشر كتابه عام ١٧٢٨. أى بعد سنة واحدة من وفاته. وفى مسودة ذلك الفصل غير المنشور، افترض أننا لو أطلقنا قذيفة مدفع فى اتجاه أفقى من فوق قمة أعلى جبل يمكننا الوصول إليه، حيث يندر الهواء وتقل كثافته، اى تقل مقاومته للقذيفة بحيث يمكننا إهمالها، نقول إن نيوتن تصور أن القذيفة لن تسقط على الأرض أبدا، إذا أطلقت بالسرعة الكافية، بل ستظل تدور حول الأرض. ثم ـى إن سقطت، فسيكون ذلك عند قمة الجبل الذى أطلقت منه أول مرة. ثم يستطرد نيوتن «والآن، إذا تخيلنا أننا استطعنا أن نطلق أجساما بنفس الطريقة، بحيث تسبح فى الفضاء فى خطوط موازية للأفق من ارتفاعات شاهقة، وليكن من مسافة خمسة أو عشرة أو مائة الف ميل أو أكثر. أو بعبارة أدق، تطير على ارتفاعات تعادل انصاف اقطار كرتنا الأرضية»، فإن هذه الأجسام «ستتحرك على هيئة أقواس أو أنصاف دوائر، مركزها هو مركز الأرض، أو ربما يكون لها مراكز مختلفة، ثم تظل فى دورانها،

تماماً وكأنها كواكب..» ثم أرفق شرحه هذا برسم بيانى يوضح الممرات التى ستدور فيها هذه الأقمار الصناعية. واعتقد أن كل ما هو مطلوب منه هو وضع المبادىء الميكانيكية النظرية للسفر فى الفضاء. أما مسألة التنفيذ، فهى تتعلق بعناصر تكنولوجية وبيولوجية لا شأن له بها.

أما فيما يتعلق بتاريخ الفضاء فى الشرق القديم، فيقال إن الصينيين اخترعوا صاروخا منذ حوالى سبعمائة عام وهو لا يعدو أن يكون صورة متطورة مما هو معروف عن السهم النارى الذى يطلق لإشعال النار فى التحصينات الخشبية. وقد استخدمت الصواريخ ضد الإنجليز فى الهند فى القرن الثامن عشر. لذلك قرر كونجريف Congreve (١٧٧٢ ـ ١٨٢٨) تطوير الصواريخ كسلاح على أسس علمية دقيقة. وتصور البعض فى ذلك الوقت أن الصاروخ سيحل محل البندقية. غير أن ذلك لم يحدث لأن التقدم التكنيكى الذى حققته الثورة الصناعية، كان فى حدود مشكلات تصنيع البندقية وحلها. أما مشكلات تصنيع الصاروخ، قد تجاوزت ذلك بكثير. وهكذا تركت أبحاث الصواريخ لأناس لا صلة لهم بأصول البحث العلمى، أو بالقواعد المرعية للتقدم التكنولوجى.

ومن أبرز الذين اهتموا ببحوث الصواريخ مدرس روسى من مدينة كالوجا يدعى تسيولكوفسكى K.E Tsiolkovsky(١٨٥٧ ـ ١٩٣٥). وكانت مدينته التى مارس فيها بحوثه بعيدة جداً عن مراكز التقدم العلمى فى أوروبا فى القرن التاسع عشر. وبادر هذا الهاوى بدراسة مشكلات الفضاء رياضيا وتطبيقياً ثم نشر فى عام ١٨١٥، بحثا يوضح فيه كيف يمكن لملاح الفضاء أن يسافر فى مركبة فضائية محكمة الغلق. أما فيما يتعلق بهواء التنفس. فإن المركبة تحتوى على جهاز لتنقية الهواء وإمداد المركبة بالأكسجين. وقام بتصميم الصاروخ، وبيان تركيبه، ذلك الذى سيتمكن من مغادرة الأرض. وفى عام ١٩٠٣، توصل ذلك الباحث الروسى إلى حقيقة هامة هى أن الوقود السائل كزيت البرافين يعطى

ضعف الطاقة التى يعطيها الوقود الصلب. واستمرت الأبحاث هكذا على هذا النحو. وقام العالم الرياضى الرومانى أوبرت H. Oberth (ولد عام ١٨٩٤) بتجميع كل الأبحاث الخاصة بصواريخ الفضاء ونشرها فى كتاب صدر عام ١٩٢٣.

ومن المؤكد أن الحرب العالمية الأولى وما أسفرت عنه من نتائج، كانت هى الباعث القوى على تنشيط بحوث صواريخ الفضاء، وبحث المشكلات التكنيكية الكبرى الخاصة بتتصنيع الصواريخ ذات الوقود السائل. ولما كانت معاهدة فرساي قد نصت على عدم السماح الجيش الألماني بتصنيع وحيازة المدافع الضخمة، كان من الضرورى بالنسبة للقيادة الألمانية أن تبحث عن البديل. وهكذا اتجهت البحوث الألمانية منذ عام ١٩٢٩ لمجال الصواريخ، وإمكانية إحلالها محل المدفعية الثقيلة، طالما أن المعاهدة لم تحظرها.

وبرغبة صادقة فى التعاون العلمى فى بحوث صنواريخ الوقود السائل، التقى اثنان من العلماء الألمان هما فيرنر براون W.VBraun (ولد سنة ١٩١٢) وكان حينذاك مايزال طالبا بقسم الفلك، وله اهتمامات برحلات الفضاء، ثم المهندس ريدل W.Riedel. وفى عام ١٩٣٤، تحقق حلمهما بإطلاق أول صاروخ يعمل بالكحول والأكسجين السائل، ووصل الصاروخ فى انطلاقه لارتفاع يزيد عن ميل فوق بحر الشمال. ولدفع بحوث الصواريخ لمزيد من التقدم، تم بناء محطة أبحاث كبيرة فى بينموند على الساحل الشمالى للبلطيق. وبدأت عملها عام ١٩٣٦، ومن هذه المحطة تم إطلاق أول صاروخ كبير بنجاح فى الثالث من أكتوبر سنة ١٩٤٢. أى بعد يوم واحد من تشغيل فيرمى لأول مفاعل نووى فى شيكاغو. واستطاع الصاروخ أن ينطلق لمسافة ٢٥ ميلاً. وقد أغرى هذا النجاح سلاح المدفعية البريطانية أن يصنع فى خدمة الجيش سنة ١٩٤٤، وحدة صواريخ ف ٢ (v2) المبنيّة وفقاً لهذا الطراز.

والواقع أن بحوث الصواريخ الألمانية أفادت كثيراً فى تصميم وإطلاق مركبات فضائية تحمل معدات علمية. وبعدها أصبحت هذه المركبات تحمل حيوانات تجارب. ومن بين المعلومات التى كشفت عنها أجهزة الفضاء العلمية وجود أحزمة تحيط بالأرض، تمثل مناطق من الجسيمات المشحونة، وسميت بأحزمة فان آلن Van allen Belts . غير أن هذه المناطق لا تختص بالأرض وحدها، بل تبين أن الفضاء الكونى بين كواكب المجموعة الشمسية يتسم بنشاط بالغ التعقيد والخطورة أيضا للجسيمات المشحونة، على نحو لم يكن متوقعا من قبل. ومن المحتمل أن يساعد فهم هذا النشاط على إلقاء مزيد من الضوء على الظروف الكهربية والفيزيائية الأخرى على الأرض.

وحين استطاع الإنسان أن يرسل بصاروخ ليدور حول القمر، أمكننا تصوير الجانب الآخر من القمر. ذلك الذى لا نراه أبدا. ثم أرسلت الصور إلى الأرض لاسلكيا. أضف إلى ذلك الصور التى التقطت لكوكب المريخ من مركبة فضائيةاقتربت من ذلك الكوكب الغامض، وهي تحمل أجهزة علمية مختلفة. وتمكن عدد من رواد الفضاء من الدوران حول الأرض، وعادوا بسلام.

وكما أشرنا من قبل، كانت وما تزال العوامل العسكرية هى الدافع القوى لتطور الصواريخ. وأصبحت الصواريخ قادرة على حمل القنابل الهيدروجينية إلى أى بقعة فى العالم. أضف إلى ذلك قدرتها - من خلال بحوث الفضاء - على حمل أجهزة علمية متطورة وأقمار صناعية، تقوم بالتجسس على أى دولة وجمع المعلومات عنها، وإرسالها إلى قاعدتها. ونجح العلماء فى إطلاق أقمار صناعية ذات مدار ثابت وبنفس سرعة دوران الأرض، بحيث تبدو كالمعلقة فى الفضاء. وتقوم بعض هذه الأقمار بوظيفة الاستقبال، ثم إعادة البث لكل صور الاتصالات اللاسلكية وبرامج الراديو والتليفزيون، فأتاحت فرصة نادرة من خلال بث برامج الدول

المختلفة إلى إحداث تقارب فكرى وثقافى بين الشعوب. وفى الدول الصناعية الرائدة، تمتص بحوث الفضاء وتطويرها الجانب الأكبر والهام من جهودها العلمية والتكنولوجية والصناعية.

وبمقارنة بسيطة، نستطيع أن نعتبر كشوف الفضاء الآن، هى بمثابة الكشوف الجغرافية العظمى فى عصر النهضة، والتى قام بها رجال من أمثال كولومبس وما جلان. غير أن المشكلة التى نواجهها اليوم، والتى تمثل تحديًا للإنسان المعاصر هى: كيف يمكننا الاستفادة من مجموعتنا الشمسية وعلى رأسها القمر بالطبع، من أجل خير ورفاهية الإنسان. وبقدر صعوبة هذه المشكلة، والتى لا أتصور أن حلها أمر يسير، فإن ما سيقترحه الإنسان بصددها لا محالة سيترك أثرًا بالغًا على الجنس البشرى ككل، وكذلك الأجيال التالية. وفى ذلك يقول تسيولكوفسكى «ربما كانت الأرض هى مهد العقل، ولكن الإنسان ليس فى وسعه أن يقضى عمره كله فى المهد».

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٥١٧٠ /١٩٩٧

I.S.B.N 977-01-5546-2

A Short History of Science

J.G. CROWTHER

في هذا الكتاب ، تتلاحـق فصول قصة «العلم» ، كـسجل موثق على تطور العقل الإنســانى فى استجابتـه لعوامل البيئـة المحيطة به ، وكسلاح أكيد فى صراعه من أجل البقاء ، وكملكة وقوة خطيرة تؤكد إنسانية الإنسان وتميزه .

وميـزة كتـابنا هذا أنه جـمع بين تاريخ العلم وتاريخ الصفـوة من العلماء الذين وهبوا حـياتهم للبحث العلمى ، فتشكلت مادة خـصبية تبرهن على أن العلم لم ينـفصل يومًا عن قاعـدته الاجتماعـية بمعناها الواسع ، سيان من حيث البنية المورفولوجية للمجتمع . . أو ما ينبثق عنها من تكوينات سياسية وعلاقات اقتصادية .

يبدأ الكتــاب سطوره ببدايات العـصر الحجـرى ، حتى يصل إلى قضايا الطاقة والتطور واتساع حركة التجارة العالمية وأثرها على اختراع الحاسبات الآلية . ثم اختتم المؤلف كتابه بنظرة مستقبلية هـ ... أحلام الإنســان التى يرجوها من العلم ، سـيان مـا يتعلق ... الفضاء أو كشف سر الحياة .

هكذا يحمل الكتاب عـرضًا بانوراميًا ومضـمونًا ثريًا ... وتقاناتـه على السواء ، تاركًـا القارىء على مشـارف رؤيـ... لازالت تحتفظ بنضارتها رغم تسارع التطورات العلمية الراهـ...

الغلاف : عماد حليم